

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Poháněný stěnový závěs pro velké Flat TV

Driven Wall Mount for Big Flat TVs

Student:

Bc. Přemysl Zimčík

Vedoucí diplomové práce:

prof. Dr. Ing. Miloš Němček

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Přemysl Zimčík**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Poháněný stěnový závěs pro velké Flat TV**
Driven Wall Mount for Big Flat TVs

Zásady pro vypracování:

Navrhněte závěsné zařízení pro velkoformátové ploché televize. Proveďte přehled typických montáží používaných pro tyto přístroje. Nově navržené zařízení bude umístěno na svislé zdi a televize se k němu připojí pomocí standardních metod. Toto zařízení však musí umožnit natáčení televize podél vodorovné a svislé osy. Rotace okolo osy jdoucí kolmo na obraz je nepřípustná. Celá montáž včetně přijímače dálkového ovládání a řídicí elektroniky (není součástí DP) musí být co nejúžší (ve směru kolmo na zed'). Rovněž nesmí přecházet přes okraje televize. Navrhněte vhodnou povrchovou úpravu kovových částí.

Parametry:

- rozsah velikostí obrazovek ... 50" ÷ 70"
- natočení okolo vodorovné osy ... $\pm 4^\circ$
- natočení okolo svislé osy ... $\pm 9^\circ$
- napájení pohonu ... 220 V.

Nakreslete sestavu zařízení a výrobní výkresy stanovených částí.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Bolek A., Kochman J.: *Části strojů 1,2*. Praha, SNTL 1989
Boháček F. a kol.: *Části a mechanismy strojů I, II*. Brno, ES VUT, 1990
Moravec V., Havlík J.: *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-0878-9
Němček M.: *Řešené příklady z ČaMS Spoj*. VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

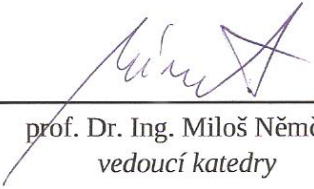
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Miloš Němček**


Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015





prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 15. 5. 2015



.....

Bc. Přemysl Zimčík v. r.

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2015


.....

Bc. Přemysl Zimčík v. r.

Jméno a příjmení autora práce:

Přemysl Zimčík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Květnová 1400; 687 25 Hluk

Poděkování

Rád bych zde poděkoval mému vedoucímu diplomové práce prof. Dr. Ing. Miloši Němčekovi za jeho účinnou pomoc a cenné rady, které mi věnoval při zpracování dané problematiky.

ANOTACE

ZIMČÍK, P. *Poháněný stěnový závěs pro velké Flat TV : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra částí a mechanismů strojů 2015, 62 s. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Miloš Němček.

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem závěsu pro velké Flat TV, který má dosáhnout zadaných natočení okolo svislé a vodorovné osy. V první části práce byla zjištěna dostupnost závěsů na českém trhu. V druhé části byla nejprve vyřešena kinematika a z ní následně navrhnuty pohony, dále je proveden konstrukční návrh jednotlivých součástí celé soustavy.

ANNOTATION

ZIMČÍK, P. *Driven Wall Mount for Big Flat TVs : master's Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanism, 2013, 62p. Thesis head: prof. Dr. Ing. Miloš Němček.

The focus of presented thesis aims on constructional design of wall mount for bif flat televisions. The wall mount is supposed to achieve specified rotation around vertical and horizontal axis. In the first part of thesis was verified the information about availability of kind of wall mount on the Czech market. In the second part of thesis the kinematics was first figured out and from this solved problem the drives were designed. Furthermore is proposed the whole constructional design of each wall mount component.

Obsah

1. Úvod.....	13
1.1 Cíle diplomové práce.....	13
2. Rešerže.....	14
3. Vlastní řešení	22
3.1 Kinematický rozbor.....	23
3.1.1 Kinematický rozbor otáčení kolem svislé osy	23
3.1.2 Kinematický rozbor otáčení kolem vodorovné osy	27
4. Návrh a výpočet čepů	33
4.1 Návrh a výpočet čepů pák motoru NEMA 17	33
4.2 Návrh a výpočet čepů pák motoru NEMA 23	35
4.3 Návrh a výpočet čepu naklápění.....	36
5. Návrh kotvicích šroubů.....	39
5.1 Kotvicí šrouby motoru NEMA 17.....	39
5.2 Kotvicí šrouby pro motor NEMA 23.....	41
5.3 Ukotvení TV v úchytu	44
5.4 Ukotvení držáku do zdi	45
6. Kontrola navržených svarů	46
6.1 Kontrola svaru A	46
6.2 Kontrola svaru B	48
7. Deformace vybraných součástí.....	52
7.1 Deformace uchycení	52

7.2	Deformace příčnicku	54
7.3	Deformace navržené příruby	55
8.	Povrchová úprava jednotlivých součástí.....	57
9.	Závěr	58
10.	Použitá literatura	60
	Seznam příloh.....	62

Seznam použitých značek

Značení	Veličina	Jednotka
a, b, c	vzdálenosti sil	[mm]
a_1, a_2, c_3	šířka táhla	[mm]
b_1, b_2, b_3	šířka páky	[mm]
d	průměr	[mm]
e, e_1, f, f_1	vzdálenosti sil F_M	[mm]
f, f_z, f_{ob}	součinitele tření	[-]
g	gravitační zrychlení	[m/s ²]
h, h_1	vzdálenost bodu naklápění	[mm]
k_3, k_4	převodní součinitele	[-]
k_s	bezpečnost	[-]
l	délka svaru	[mm]
l_k	délka ložiska	[mm]
m	hmotnost	[kg]
p	tlak, tlakové napětí	[MPa]
s	tloušťka součásti	[mm]
F_G	síla působící na kl. kroužek	[N]
F_{GK}	síla působící na čep	[N]
F_{Gx}, F_{Gy}	síly v ose x a y	[N]
F_{M1}, F_{M2}	předběžné síly motorů	[N]

F_{M17}, F_{M23}	síla motoru	[N]
F_{MP}	síla od utažení matice	[N]
F_{NP}	normálová síla	[N]
F_O	osová síla v šroubu	[N]
F_T	třecí síla	[N]
F_{T1}	síla pro překonání tření	[N]
F_{TM}	třecí síla	[N]
F_V	síla v páce	[N]
F_Z	síla v závitu	[N]
G_{TV}	gravitační síla	[N]
M_k	krouticí moment	[N·m]
M_o	ohybový moment	[N·m]
M_p	moment pootočení	[N·m]
P_h	stoupání	[mm]
R	reakční síla	[N]
R_e	mez kluzu	[MPa]
S	plocha	[mm ²]
W_k, W_o	modul průřezu	[mm ³]
X, Y, L	vzdálenosti sil	[mm]
Z	zdvih	[mm]
α	úhel mezi pákou a silou R	[°]

β	úhel mezi pákou a osou motoru	[°]
β	součinitel tloušťky koutového svaru	[-]
γ	úhel stoupání	[°]
σ_D, τ_D	dovolené napětí	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_t	napětí v tahu	[MPa]
σ_{red}	redukováné napětí	[MPa]
τ	napětí v tahu	[MPa]
τ_{MAX}	napětí ve smyku	[MPa]
τ_{\perp}	napětí tahová, ohybová pro svarový spoj	[MPa]
$\tau_{\parallel 1}$	napětí smyková pro svarový spoj	[MPa]

1. Úvod

V běžném životě se každý člověk s televizí setkal, v dnešní době jsou TV většinou ploché a s tím také přišla možnost připevnit TV na zeď. Tato metoda se využívá kvůli designu ale také z funkčního hlediska, není zapotřebí stolků a jiných kusů nábytku, na kterém je televize umístěna. Takovéto uchycení se využívá jak v domácnostech tak i např. v informačních centrech. Umístění ale ne vždy vyhovuje dobrému zornému úhlu, proto je nutné, aby se TV mohla v určitých směrech natáčet, a tím se rozšíří zorné pole.

V době moderních technologií už není třeba, aby se naklápění provádělo ručně, kdy je ve většině případů ještě nutné nejprve TV sundat ze závěsu. Ale je možné natáčení provádět pomocí servo motorů, které jsou ovládány dálkovým ovladačem.

Rešerže se zabývá zjištěním jaké dostupné závěsy jsou k dispozici na trhu, ať už bezmotorové nebo motorové.

Praktická část se zabývá konstrukcí a výpočty motorově poháněného závěsu a také povrchovou úpravou jednotlivých konstrukčních prvků.

1.1 Cíle diplomové práce

- Návrh motorově poháněného závěsu pro TV o úhlopříčce 50" - 70"
- Řešení natáčení okolo svislé osy $\pm 9^\circ$
- Řešení natáčení okolo vodorovné osy $\pm 4^\circ$
- Návrh takové konstrukce, aby byla co nejužší ve vzdálenosti kolmo na zeď

2. Rešerže

Tato kapitola obsahuje podklady pro samostatné vypracování praktické části diplomové práce, ale také motorové držáky, které jsou dostupné na našem trhu.

Specifikace flat TV

V zadání je dán rozměr uhlopříčky televizorů s plochými obrazovkami. Pro správný návrh je nutné zjistit ale také další parametry, jako je například nejmenší rozměr TV ale taky hmotnosti, na které se bude závěs dimenzovat.

50" TV Toshiba

Na Obr. 1 lze vidět 50" ploché TV od společnosti Toshiba, tato TV se vyznačuje, nejmenšími rozměry. Navržený držák by neměl přesahovat přes rozměry této televize.



Obr. 1 TV 50" Toshiba 50L2456DG

Specifikace

Šířka	112,2 cm
Výška	66,1 cm
Hloubka	7,3 cm
Uchycení	VESA 400 x 200
Hmotnost	16 kg

70" TV Sharp

Na Obr. 2 je TV společnosti Sharp, tato je příkladem velkých rozměrů a velké hmotnosti, kterou bude navržený držák dimenzován.



Obr. 2 TV 70" Sharp LC-70UQ10E

Specifikace

Šířka	157,8 cm
Výška	93,4 cm
Hloubka	5,9 cm
Uchycení	VESA 400 x 400
Hmotnost	42,5 kg

VESA norma

Jedná se o označení horizontální a vertikální rozteče montážních otvorů pro kotvící šrouby na televizi v milimetrech. Téměř každá plochá televize má na zadní straně umístěny díry pro případnou montáž na držák. Pokud je TV takzvaně VESA kompatibilní, jsou rozteče děr v jistém dohodnutém standartu.



Obr. 3 Pohled na rozteč děr dle VESA [5]

Tabulka 1 – doporučené velikosti TV k dohodnutým standartům VESA

VESA	Horizontální rozteč	Vertikální rozteč	Doporučené uhlopříčky TV
100x100	100	100	13" - 27"
200x200	200	200	23" - 42"
400x200	400	200	32" - 55"
300x300	300	300	32" - 55"
400x400	400	400	32" - 55"
600x400	600	400	37" - 70"
800x400	800	400	37" - 70"
800x600	800	600	37" - 70"
950x550	950	550	50" - 80"

Celosvětově je ke každému VESA standartu doporučené rozmezí velikosti uhlopříček TV, ale toto doporučení není závazné. Téměř každý držák na TV má více možností uchycení, takže ho lze použít na různé uchycení, která splňují VESA standarty. Údaje o možném rozsahu uchycení jsou vždy ve specifikaci držáku.

Pevné držáky

Mezi pevné držáky patří nejjednodušší držáky. Držáky patřící do téhle kategorie nenabízí žádnou manipulaci s televizí. Výhodou pevných držáků je malá vzdálenost televizoru od stěny.

Fixní držák Meliconi Stile S800

Ultra tenký pevný držák od firmy Meliconi je vhodný pro televizory s úhlopříčkou od 50" do 65" a maximální nosnost je 55kg. Otvory pro uchycení TV splňují VESA standart a to až do maximálního rozměru 800 x 400 mm.

Specifikace

- Vhodný pro televizní obrazovky od 55" do 65"
- Možnost uchycení VESA: od 200x200 do 800x400 mm
- Nosnost: 55 kg
- Vzdálenost od stěny: min 22 mm.



Obr. 4 Fixní držák Meliconi Stile S800 [6]

Pohyblivé držáky

Do téhle kategorie patří držáky sklopné, které jsou podobné držákům fixním, ale umožňují náklon okolo vodorovné osy, a držáky polohovatelné, které jsou schopny ve většině typů naklápění okolo vodorovné i svislé osy. Pomocí kloubové konstrukce lze také měnit vzdálenost televize od stěny.

Držák Edbak TWB 2

Držák firmy Edbak, TWB 2, patří do skupiny sklopných držáků, umožňuje naklápění okolo vodorovné osy. Výrobce jej doporučuje pro velikosti úhlopříček flat TV od 60" do 65" a maximální hmotnosti 80 kg.

Specifikace

- Vhodný pro televizní obrazovky od 60" do 65"
- Sklopný o - 6°/ + 11°
- Možnost uchycení VESA: od 100x100 do 845x460 mm
- Nosnost: 80 kg
- Vzdálenost od stěny: min 78 mm.



Obr. 5 Sklopný držák Edbak TWB 2 [7]

Vogels EFW 6445 plus

Jedná se o polohovatelný držák, který je vhodný pro velké ploché TV, výrobcem udávaná velikost úhlopříček je od 42" do 80" a maximální hmotnosti 55 kg. Díky své kloubové konstrukci umožňuje odtahování od stěny. Televize jsou uchycovány pomocí VESA standartu až do velikosti 950 x 550mm.

Specifikace

- Vhodný pro televizní obrazovky od 42" do 80"
- Naklápění okolo vodorovné osy $\pm 15^\circ$
- Natáčení okolo vodorovné osy $\pm 60^\circ$
- Možnost uchycení VESA: od 100x100 do 950x550 mm
- Nosnost: 55 kg
- Minimální vzdálenost od stěny 108 mm
- Maximální vzdálenost od stěny 610 mm.



Obr. 6 Polohovatelný držák Vogels EFW 6445 plus [8]

Motorové držáky

V této části jsou uvedeny některé typy motorově poháněné držáky na trhu.

Motorický držák Sonorous S 1460

Jedná se o motorický držák s dálkovým ovládáním od firmy Sonorous, lze jej naklápět okolo vodorovné i svislé osy. Firma jej doporučuje pro velikosti uhlopříček TV od 37" do 60".

Specifikace

- Vhodný pro televizní obrazovky od 37" do 60"
- Natáčení okolo svislé osy +/- 15°
- Natáčení okolo vodorovné osy +/- 15°
- Možnost uchycení VESA: 400x200, 400x400, 600x400
- Nosnost: 35 kg
- Vzdálenost od stěny 190 mm.



Obr. 7 Motorický držák Sonorou S 1460 [9]

Motorický držák Vogels RC 355

Dálkově ovládaný ultratenký motorický držák firmy Vogels, který je vhodný pro televize s uhlopříčkou od 32" do 52" a do maximální tloušťky TV 40 mm. Držák lze naklápět pouze okolo svislé osy.

Specifikace

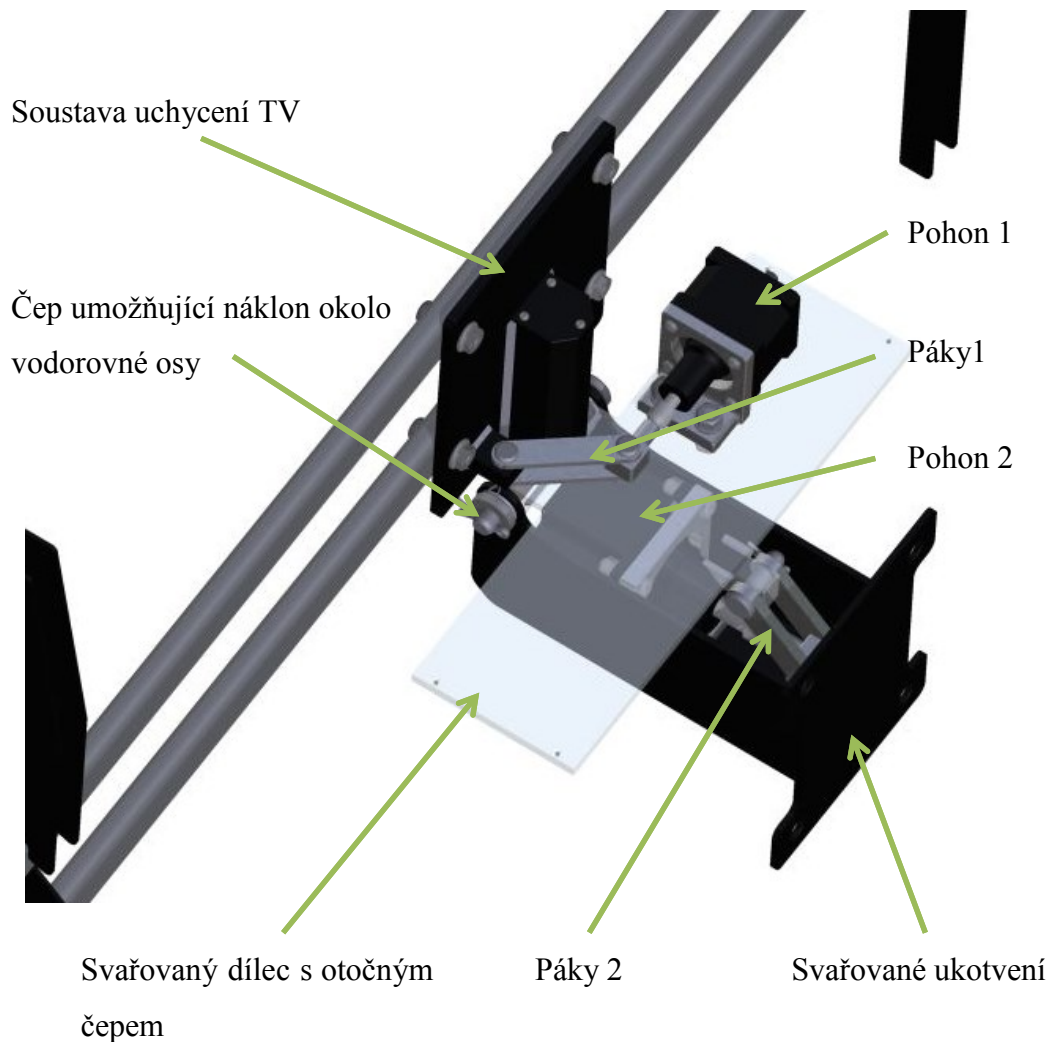
- Vhodný pro televizní obrazovky od 32" do 52"
- Natáčení okolo svislé osy +/- 40°
- Možnost uchycení VESA: 200x200, 400x400, 600x400
- Nosnost: 25 kg
- Minimální vzdálenost od stěny 35,6 mm
- Maximální vzdálenost od stěny 214 mm.



Obr. 8 Motorický držák Vogels RC 355 [10]

3. Vlastní řešení

Pro dosažení požadovaných natočení okolo svislé a vodorovné osy je zvolen přenos sil pomocí pákových mechanismů. Pohyby jsou prováděny samostatně, jsou zvoleny dva nezávislé pohony, které jsou řízeny elektronicky. První pohon přenáší pohyb na soustavu uchycení TV, která je uložena na otočném čepu. Tento čep je součástí svařovaného dílce, který umožňuje náklon okolo vodorovné osy pomocí druhého pohonu a uložení v čepu. Celý mechanismus je připevněn na zeď, pomocí svařovaného ukotvení.



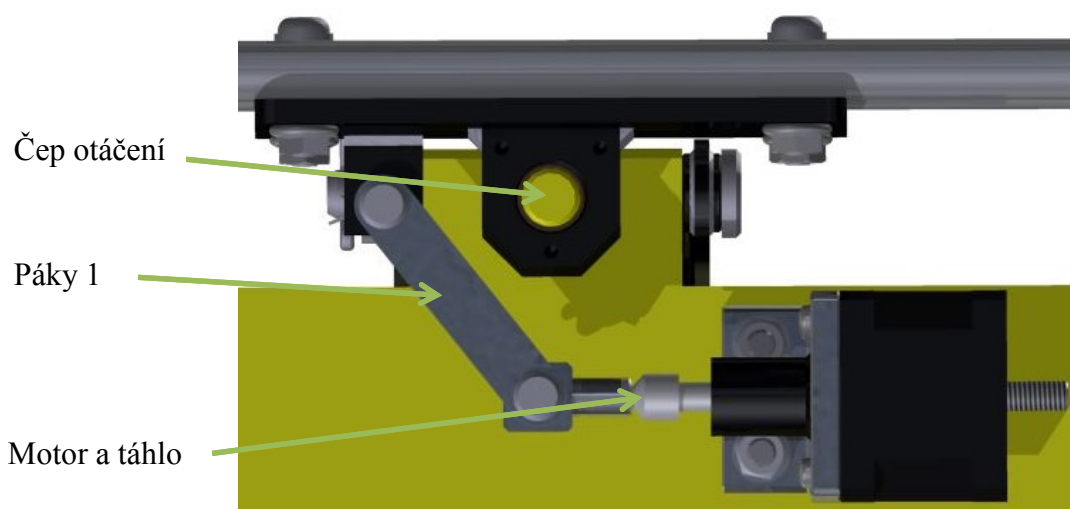
Obr. 9 Popis řešení

3.1 Kinematický rozbor

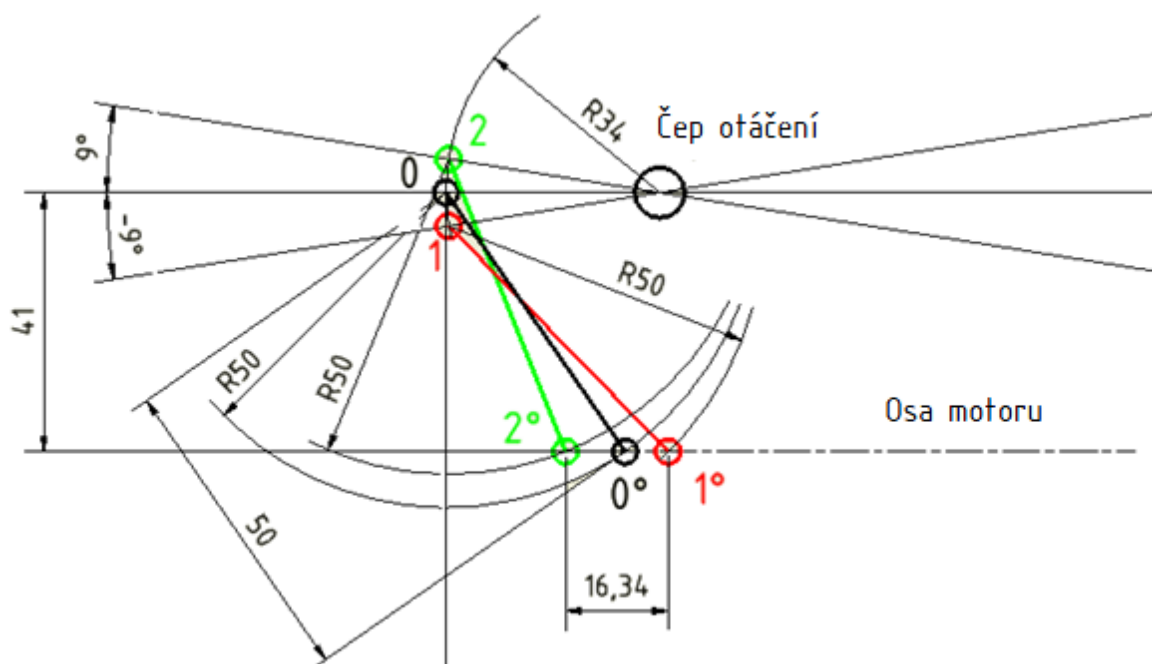
Přenos sil je prováděn pomocí pákových mechanismů. Síly budou vyvozeny lineárními aktuátory. Pro výpočet sil je nutné vytvořit kinematiku pohybu a z ní následně vypočíst síly, kterých je nutno dosáhnout.

3.1.1 Kinematický rozbor otáčení kolem svislé osy

Pro výpočet bylo nutné nejprve navrhnout alespoň základní vzdálenosti mezi čepem, okolo kterého se bude televize otáčet a čepem, na který bude vyvíjena síla pomocí páky. Dále je nutné určit vzdálenost čepu lineárního aktuátoru od čepu otáčení.



Obr. 10 Umístění pák, motoru a čepů pro otáčení kolem svisle osy



Obr. 11 Kinematické schéma pohybu

Na obrázku 11 lze vidět, jaké rozměry byly navrženy. Je to vzdálenost osy motoru a čepů otáčení, která je 41 mm, dále vzdálenost mezi čepem otáčení a čepem, který bude přenášet sílu na úchyt ta je 34 mm.

V zadání je stanovené jakých úhlů je nutno dosáhnout otáčením kolem svislé osy, a jsou to úhly 9° na obě strany otáčení. Proto je nutné zvolit rameno páky dostatečně dlouhé, aby bylo požadovaných úhlů dosaženo. Délka páky byla zvolena, grafickým řešením (Obr. 11) bylo zjištěno, že zvolená délka dosáhne požadovaného cíle.

Na grafickém řešení jsou vyznačeny polohy čepů při různých úhlech natočení. Označení čepů 0 - 0° je základní poloha, kdy TV není pootočená. Označení čepů 1 - 1° a 2 - 2° jsou krajní polohy natočení.

Vzdálenost mezi body 1° a 2° je důležitá vzdálenost, jedná se o zdvih, který je nutno dosáhnout lineárním aktuátorem, pro dosažení požadovaných úhlů.

Pro volbu aktuátoru je nutné znát ještě sílu, kterou musí vyvodit.

Výpočet síly určím pomocí třecí síly, která působí od váhy televize a závěsné konstrukce na axiální kluzný kroužek. Jelikož ještě není známa přesná váha konstrukce tak budu uvažovat sílu způsobenou vahou TV, která bude zvětšena o 20%.

Gravitační síla TV

Je to síla gravitační způsobena vahou TV

$$G_{TV} = m_{TV} \cdot g = 50 \cdot 9,81 = 490,5 \text{ N} \quad (1)$$

Síla působící na kluzný kroužek

Je to gravitační síla TV a síla způsobená vahou konstrukce působící na kluzný kroužek. Jak bylo uvedeno výše, váha konstrukce není známa, proto je pouze násobena 1,2 což představuje 20% váhy TV.

$$F_G = G_{TV} \cdot 1,2 = 490,5 \cdot 1,2 = 588,6 \text{ N} \quad (2)$$

Třecí síla na kluzném kroužku

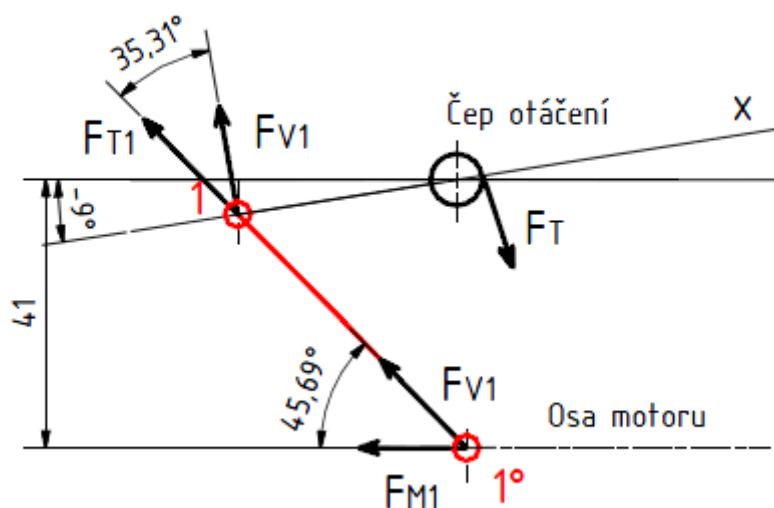
Pro výpočet třecí síly je nutno znát sílu, která tlačí těleso v kolmém směru a také součinitel smykového tření. Pro výpočet je použit statický součinitel smykového tření, protože kývavý pohyb bude začínat z klidu.

Součinitel tření $f_{ob} = 0,18$ dle [17] mezi ocelí a bronzem bez mazání.

$$F_T = F_G \cdot f_{ob} = 588,6 \cdot 0,18 = 105,9 \text{ N} \quad (3)$$

Aby bylo dosaženo samotného kyvného pohybu, je nutné tuto sílu překonat silou, která působí v tlačném čepu. Je nutné provést silový rozbor. Vycházíme z Obr. 8, kde bude určen, který případ je nejhorší pro překonání třecí síly.

Pro překonání třecí síly je dle obr. 11 případ 1 - 1° , v tomto bude řešen rozbor sil.



Obr. 12 Rozbor sil

Na Obr. 12 lze vidět, jak dané síly působí na čepy, pro výpočet potřebné síly motoru F_{M1} je nutné vypočítat síly v páce F_{V1} , pro výpočet byl vybrán případ 1 - 1° .

Síla potřebná pro překonání tření F_{T1} je zvětšena o 20% vůči síle třecí F_T .

Síla pro překonání tření

$$F_{T1} = F_T \cdot 1,2 = 105,9 \cdot 1,2 \cong 130 \text{ N} \quad (4)$$

Síla v páce

Síla v páce představuje, jak velkou silou v páce je nutné působit, aby se dala konstrukce s přechycenou TV do pohybu.

$$\cos 35,31 = \frac{F_{T1}}{F_{V1}} \rightarrow F_{V1} = \frac{F_{T1}}{\cos 35,31} = \frac{130}{0,8160} = 160 \text{ N} \quad (5)$$

Předběžná síla motoru

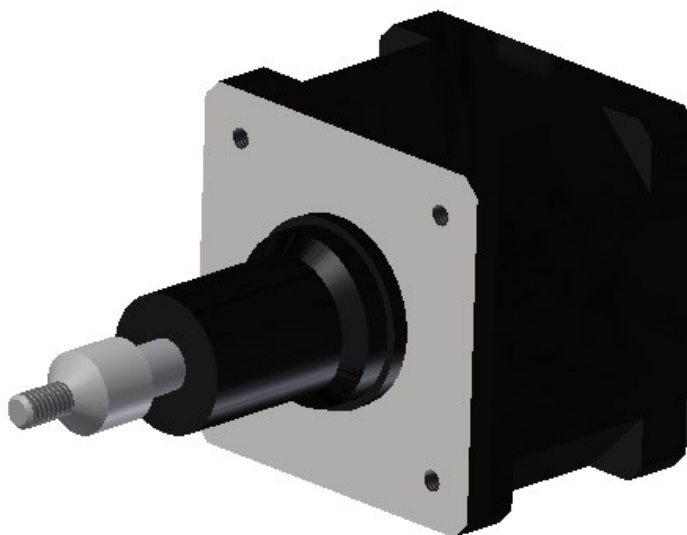
Tento výpočet je nutný pro volbu motoru.

$$\cos 45,69 = \frac{F_{M1}}{F_{V1}} \rightarrow F_{M1} = F_{V1} \cdot \cos 45,69 = 160 \cdot \cos 45,69 = 111,8 \text{ N} \quad (6)$$

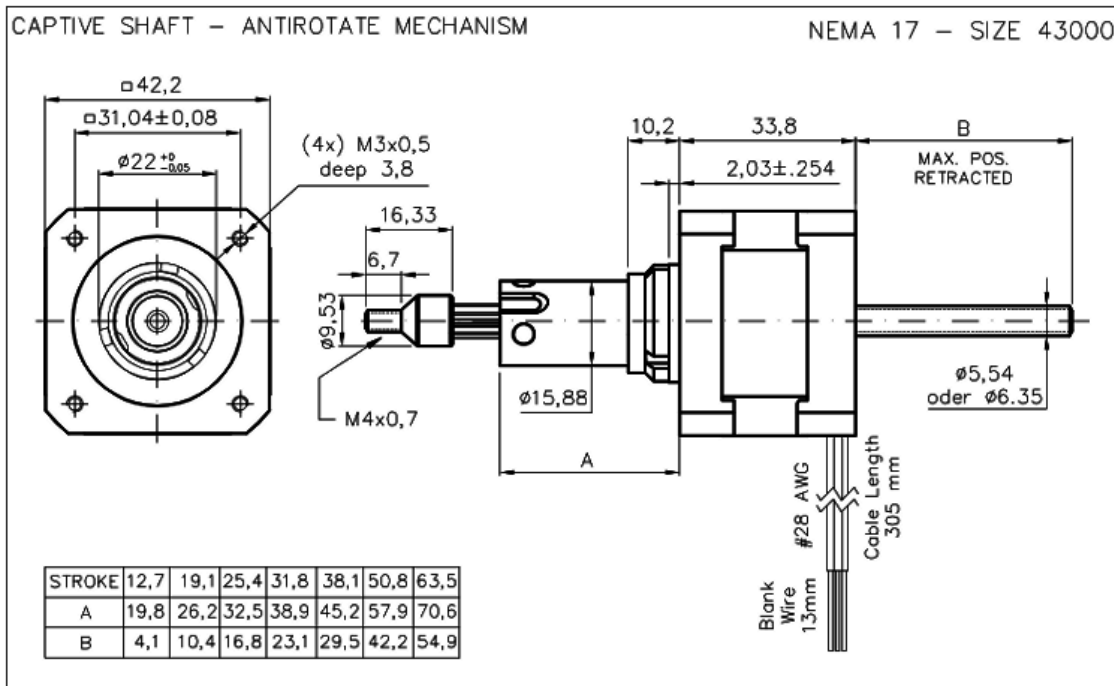
Volba motoru

Nyní jsou již spočteny dva hlavní parametry pro volbu motoru. Jednak z kinematického schématu byl určen zdvih $Z_1 = 16,34 \text{ mm}$ a z rozboru sil vypočítána předběžná síla motoru $F_{M1} = 112 \text{ N}$.

Volím lineární aktuátor NEMA 17 captive verzi s průměrem pohybového šroubu $6,35 \text{ mm}$, která obsahuje antirotační mechanismus. Tento aktuátor dosahuje maximální síly $F_{M17} = 260 \text{ N}$ a zdvihu $19,1 \text{ mm}$.



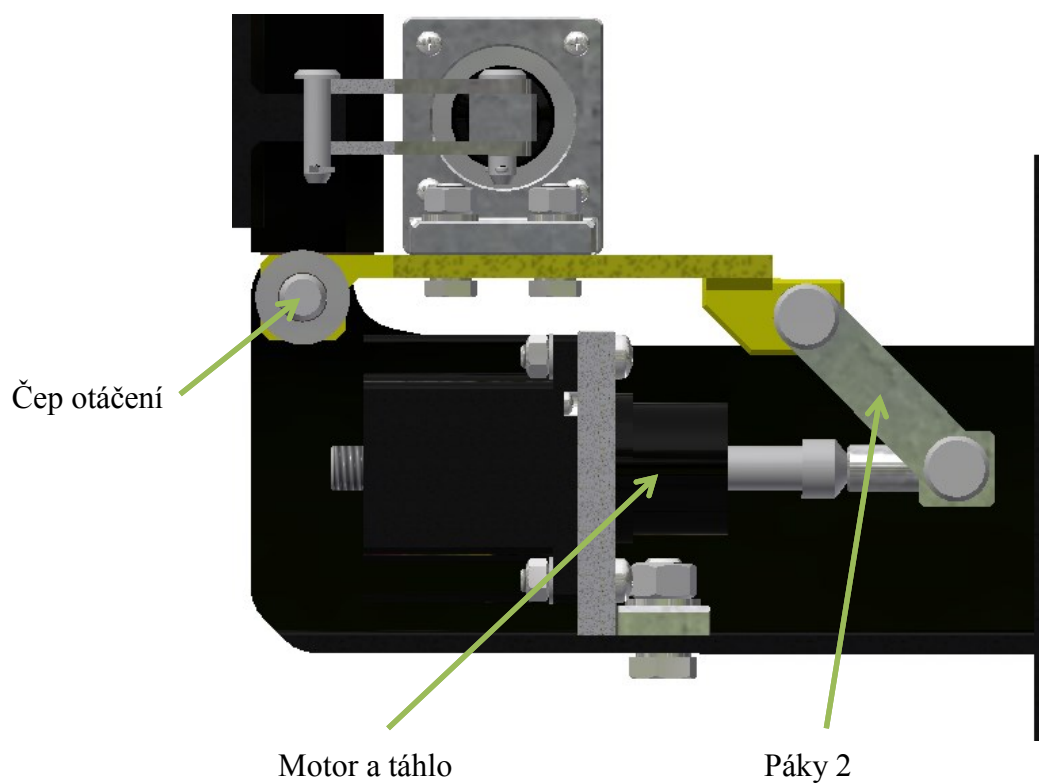
Obr. 13 NEMA 17 captive verze



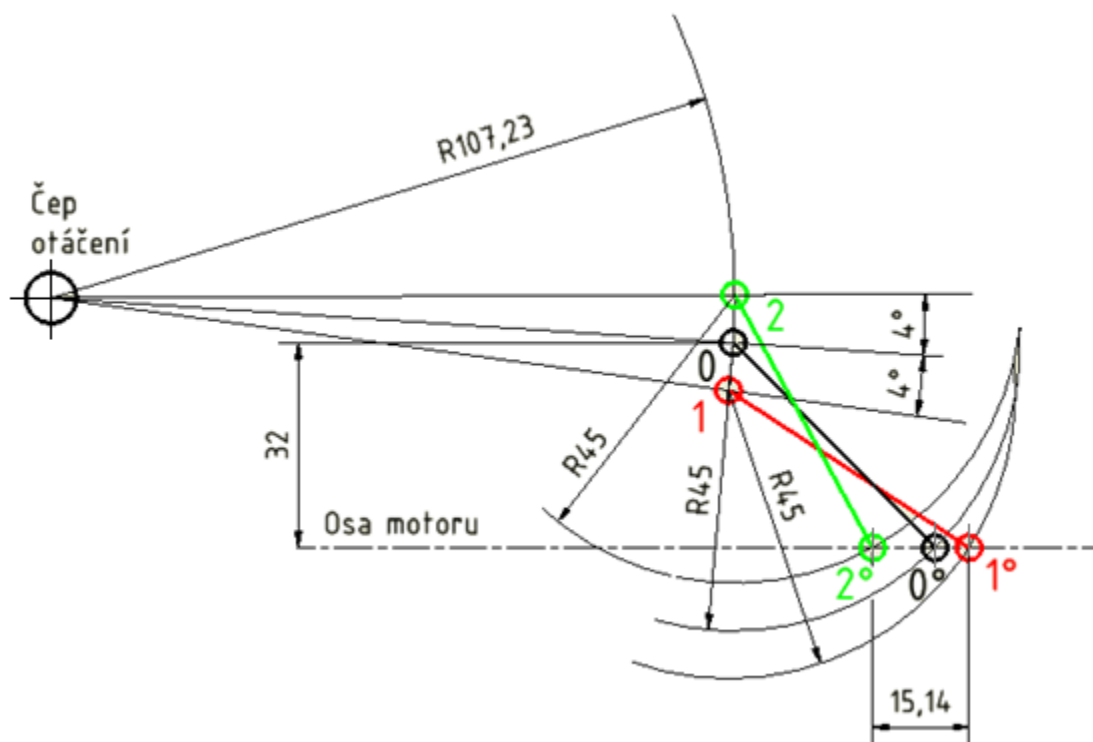
Obr. 14 Základní rozměry motoru NEMA 17

3.1.2 Kinematický rozbor otáčení kolem vodorovné osy

Tak jako v předchozím případě i tady bylo nutné nejprve navrhnout určité vzdálenosti. Bylo uvažováno, že bude použit obdobný motor jako u předchozího případu jen s rozdílem velikosti síly, která bude třeba přenést, proto byl zvolen motor o třídu výše, který je i rozměrově větší. Z těchto rozměrů byly dále navrženy vzdálenosti čepů, tak aby bylo dosaženo požadovaného cíle. Má být dosaženo otáčení okolo svislé osy v rozmezí $\pm 4^\circ$. Vzdálenosti byly zvoleny následovně, vzdálenost osy motoru a čepu, na který bude působit, pomocí páky, je 32 mm. Čep páky se nachází od čepu, okolo kterého se TV naklápí, na poloměru 107,23 mm, tato vzdálenost je dána konstrukcí uchycení. Dále byl také zvolen rozměr ramena páky 45 mm.



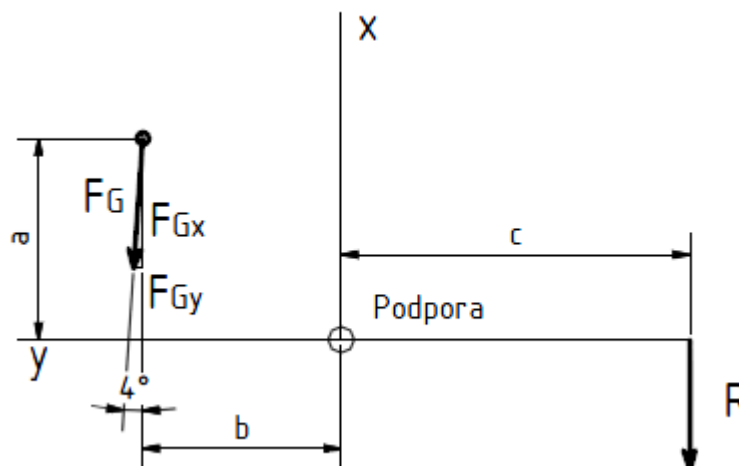
Obr. 16 Umístění pák, motoru a čepů pro otáčení kolem vodorovné osy



Obr. 17 Kinematický rozbor

Z obr. 17 je patrné, že bylo dosaženo požadovaných úhlů s ramenem páky o rozměru 45 mm, dále zde také vidíme zdvih, kterého bude aktuátor muset dosáhnout, a ten je mezi body $2^\circ - 1^\circ$, zdvih aktuátoru musí být tedy minimálně $Z_2 = 15,14$ mm.

Výpočet sil byl prováděn uvolněním soustavy. Síla, kterou musí vyvinout motor, musí překonat sílu od působení gravitační síly na soustavu. Se silou, se kterou se počítá při dalších výpočtech uvažuju sílu jako v předešlé části, jen je umístěna v těžišti. Těžiště je určeno pomocí programu Inventor 2014, nutné je také uvažovat kam se těžiště posune při různém úhlu sklonu. Proto je celý výpočet prováděn 3x - pro základní stav a dva mezní stavy.



Obr. 18 Rozložení sil při náklonu 4°

Na Obr. 18 lze vidět, základní rozložení sil a jejich vzdálenosti od podpory, což je čep otáčení. Jelikož je držák pootočen o úhel 4° je nutné přepočítat síly do osy x a y.

Výpočet sil v ose x a y

$$F_{Gx} = F_G \cdot \cos 4 = 588,6 \cdot \cos 4 = 587,16 \text{ N} \quad (7)$$

$$F_{Gy} = F_G \cdot \sin 4 = 588,6 \cdot \sin 4 = 41,05 \text{ N} \quad (8)$$

Výpočet reakční síly R

Z rovnováhy momentů pro podporu je možné vypočítat sílu R, která působí v čepu, který přímo působí na páku vedenou k motoru. Vzdálenosti a, b a c jsou zjištěny pomocí programu Inventor 2014, a je to $a = 61,81 \text{ mm}$, $b = 60,98 \text{ mm}$ a $c = 107,23 \text{ mm}$.

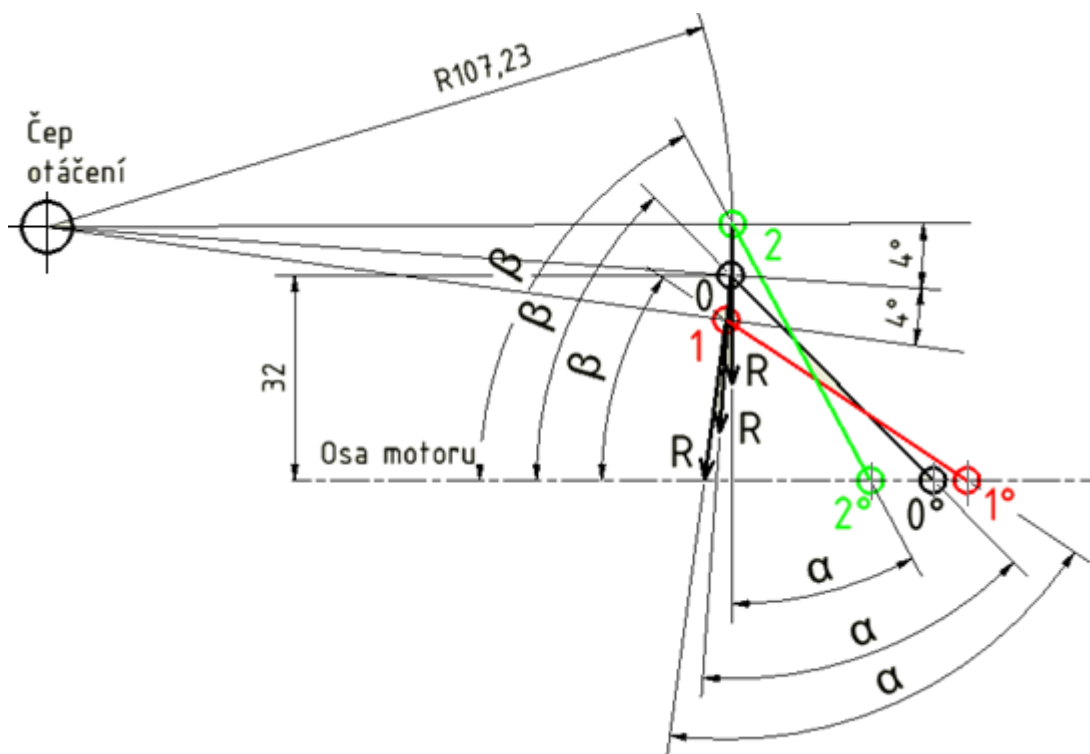
$$\sum M_P = 0 = F_{Gy} \cdot a + F_{Gx} \cdot b - R \cdot c \rightarrow R = \frac{F_{Gy} \cdot a + F_{Gx} \cdot b}{c} \quad (9)$$

$$R = \frac{F_{Gy} \cdot a + F_{Gx} \cdot b}{c} = \frac{41,05 \cdot 61,81 + 587,16 \cdot 60,98}{107,23} = 357,57 \text{ N}$$

Reakční síla bude pro každý stav různá, protože těžiště není pořád ve stejném místě a závisí na naklonění obrazovky. Zbylé hodnoty reakční síly R jsou v Tabulce 2.

Výpočet potřebné síly motoru

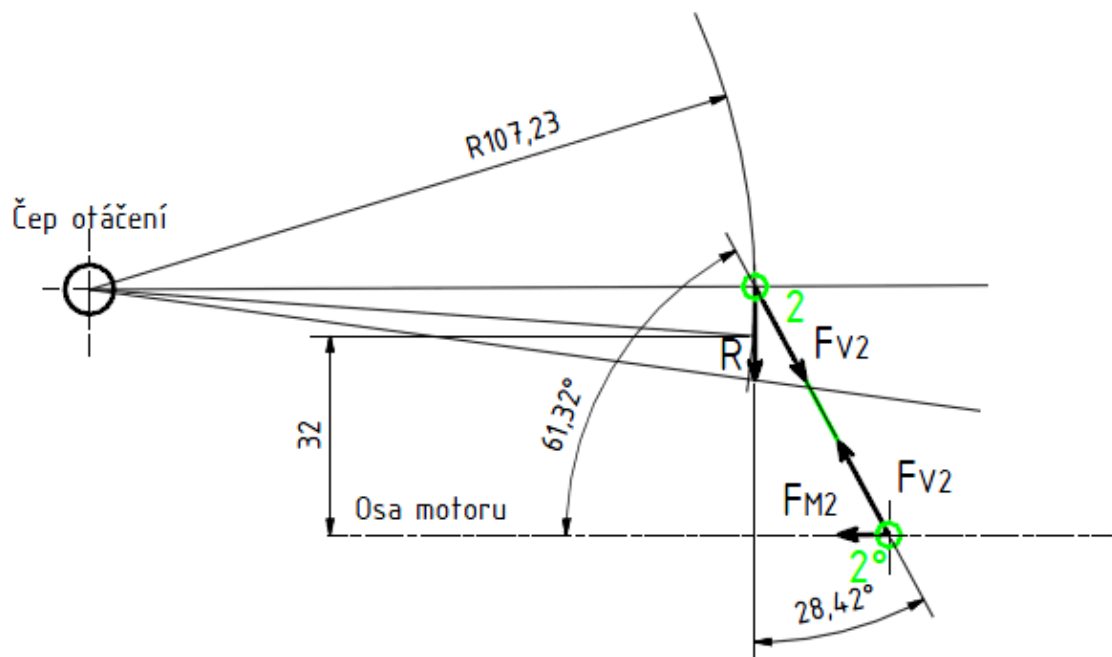
Přenos sil je pomocí pák mezi motorem a čepem na který působí reakční síla R , tato síla je ale na poloměru r , což je vzdálenost mezi čepem otáčení a čep v páce. Pro každý mezní stav je různý úhel mezi pákou a silou R a dále je také nutné uvažovat úhly mezi pákou a osou motoru, oba tyto úhly je třeba zahrnout do výpočtu. Úhly α a β potřebné pro výpočet jsou zobrazeny na Obr. 19.



Obr. 19 Úhly páky a síly R

Velikosti jednotlivých úhlů jsou v Tabulce 2.

Síla působící na motor musí být větší, aby překonala síly působící v páce. Tato síla je potřebná pro návrh motoru. Tyto síly jsou určeny z obr. 20. Výpočet je zde proveden pouze pro jeden stav a to stav 2 – 2° zbylé výsledky pro stavy 0 – 0° a 1 – 1° jsou v Tabulce 2.



Obr. 20 Síly v páce

Síla působící v páce

$$F_{V2} = \frac{R}{\cos \alpha} = \frac{357,57}{\cos 28,42} = 406,57 \text{ N} \quad (10)$$

Síla motoru pro sklon TV

$$\cos \beta = \frac{F_{M2}}{F_{V2}} \rightarrow F_{M2} = F_{V2} \cdot \cos 61,32 = 406,57 \cdot \cos 61,32 = 192,12 \text{ N} \quad (11)$$

Tento výpočet je pouze pro ukázkou, nutné bylo ještě vypočíst pro zbylé stavy. Tyto hodnoty jsou zapsány v Tabulce 2.

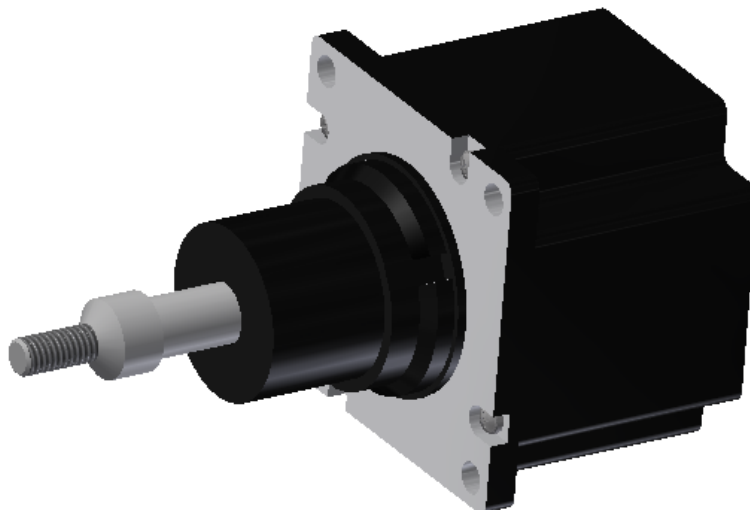
Tabulka 2

Pozice	Úhel naklonení	Úhel α [°]	Úhel β [°]	Reakční síla R [N]	Síla působící u motoru F_{M2} [N]
2-2°	4°	28,32°	61,52°	357,57	192,12
0-0°	0°	48,42°	45,33°	308,79	327,01
1-1°	-4°	64,68°	33,07°	253,38	496,5

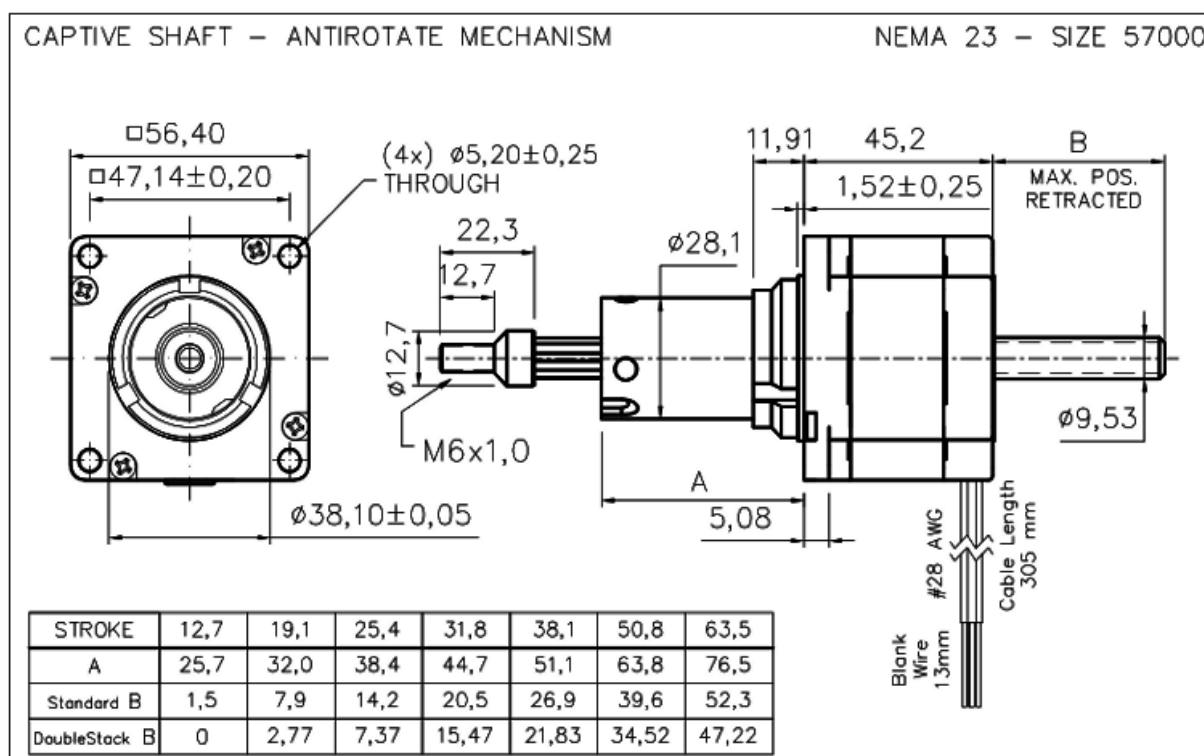
Z výsledků vyplývá, že největší síla, kterou musí motor vyvinout je v pozici 1 – 1° a to 496,5 N.

Volba motoru

Pro sílu v pozici 1 – 1° $F_{M2} = 496,5\text{N}$ a zdvih $Z_2 = 15,14\text{ mm}$. Volím proto lineární aktuátor o třídu výše než byl předchozí a to je řada NEMA 23 captive verze a průměrem šroubu $d = 9,53\text{ mm}$. Tento lineární aktuátor dosahuje maximální síly 850 N a zdvihu $19,1\text{ mm}$, obě tyto hodnoty splňují požadavky.



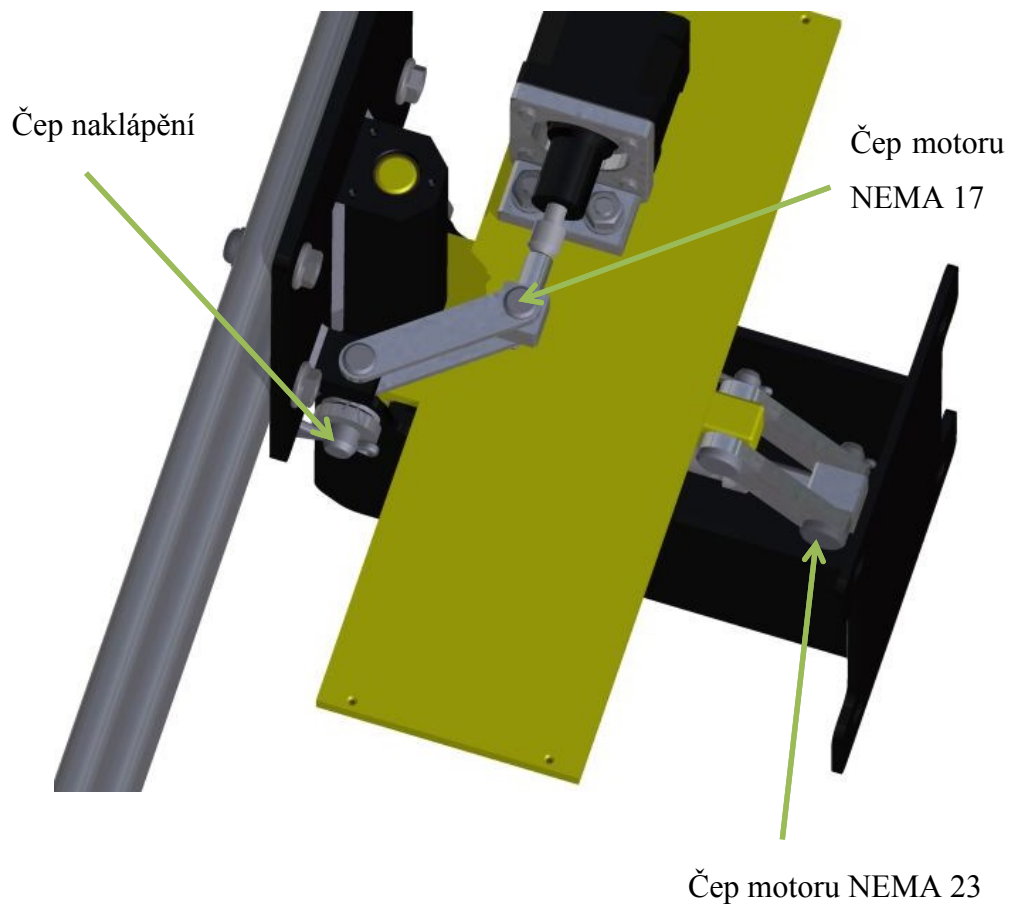
Obr. 21 Aktuátor NEMA 23



Obr. 22 Základní rozměry motoru NEMA 23

4. Návrh a výpočet čepů

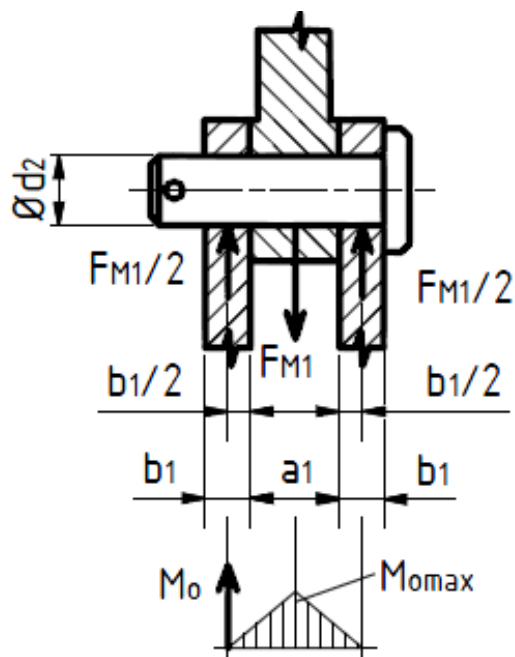
V této kapitole jsou navrženy a následně zkontrolovány čepy.



Obr. 23 Jednotlivé čepy v sestavě

4.1 Návrh a výpočet čepů pák motoru NEMA 17

Čep je namáhán na ohyb a na smyk. Jeho průměr je navržen z ohybu, který je vyvozen maximální silou aktuátoru, která je 250N. Rozložení sil je znázorněno na obr. 24. Tloušťky pák a táhla byly zvoleny na základě návrhu, kde tloušťka páky $b_1 = 3 \text{ mm}$ a tloušťka táhla $a_1 = 10 \text{ mm}$.



Obr. 24 Rozložení sil na čepu 1

Návrh průměru čepu

Návrh je prováděn z ohybu, jelikož je čep namáhán střídavým zatížením volím čep z materiálu 11 423 s dovoleným napětím v ohybu $\sigma_{DO} = 40 \text{ MPa}$ a smyku $\tau_{DS} = 30 \text{ MPa}$, dovolený tlak $p_{DO} = 55 \text{ MPa}$.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_{M1}}{2} \cdot \left(\frac{b_1}{2} + \frac{a_1}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d'^3} = \frac{8 \cdot F_{M1} \cdot (b_1 + a_1)}{\pi \cdot d'^3} \leq \sigma_{DO} \rightarrow d' \quad (12)$$

$$d' \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_{M1} \cdot (b_1 + a_1)}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 250 \cdot (3 + 10)}{\pi \cdot 40}} = 5,91 \text{ mm}$$

Volím normalizovaný průměr čepu $d_1 = 6 \text{ mm}$.

Kontrola na smyk

Navržený čep je nutné kontrolovat na smyk.

$$\tau_{MAX1} = \frac{F_{M1}}{S} = \frac{F_{M1}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_1^2}{4}} = \frac{4 \cdot 250}{2 \cdot \pi \cdot 6^2} = 4,42 \text{ MPa} \leq \tau_D \quad (13)$$

Kontrola tlaků

Pro táhlo i pro páky volím stejný materiál.

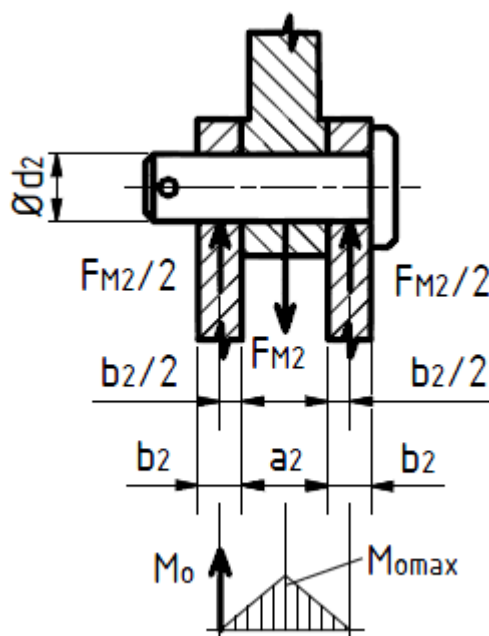
$$p_{1M1} = \frac{F_{M1}}{a_1 \cdot d_1} = \frac{250}{10 \cdot 6} = 4,16 \text{ MPa} \leq p_{Do} \quad (14)$$

$$p_{2M1} = \frac{\frac{F_{M1}}{2}}{b_1 \cdot d_1} = \frac{\frac{250}{2}}{3 \cdot 6} = 6,94 \text{ MPa} \leq p_{Do} \quad (15)$$

Navržený čep, táhlo i páky na tlak vyhovují.

4.2 Návrh a výpočet čepů pák motoru NEMA 23

Čep je namáhán obdobně jako čep motoru NEMA 17 jen s tím rozdílem, že na něj působí větší síla, která je vyvozena lineárním aktuátorem, tato síla je dle zvoleného motoru $F_{M2} = 850 \text{ N}$. Tloušťky pák a táhla byly zvoleny na základě návrhu a také s uvažováním předešlých výsledků. Tloušťka páky $b_2 = 3 \text{ mm}$ a tloušťka táhla $a_2 = 10 \text{ mm}$. Taktéž byly zvoleny i stejné materiály pák a táhla jako v předešlém případě. Materiál čepu je zvolen z materiálu 11 600 s dovoleným napětím v ohybu $\sigma_{Do} = 60 \text{ MPa}$ a smyku $\tau_{DS} = 40 \text{ MPa}$, dovolený tlak $p_{Do} = 70 \text{ MPa}$.



Obr. 25 Rozložení sil na čepu 2

Návrh průměru čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_{M2}}{2} \cdot \left(\frac{b_2}{2} + \frac{a_2}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d'^3} = \frac{8 \cdot F_{M2} \cdot (b_2 + a_2)}{\pi \cdot d'^3} \leq \sigma_{Do} \rightarrow d' \quad (16)$$

$$d_2' \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F_{M2} \cdot (b_2 + a_2)}{\pi \cdot \sigma_{Do}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 850 \cdot (3 + 10)}{\pi \cdot 60}} = 7,77 \text{ mm}$$

Volím normalizovaný průměr čepu $d_2 = 8 \text{ mm}$.

Kontrola na smyk

Navržený čep je nutné kontrolovat na smyk.

$$\tau_{MAX2} = \frac{F_{M2}}{S} = \frac{F_{M2}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_2^2}{4}} = \frac{4 \cdot 850}{2 \cdot \pi \cdot 8^2} = 8,45 \text{ MPa} \leq \tau_D \quad (17)$$

Kontrola tlaků

Pro táhlo i pro páky volím stejný materiál, jako v předchozím případě.

$$p_{1M2} = \frac{F_{M2}}{a_2 \cdot d_2} = \frac{850}{10 \cdot 8} = 10,63 \text{ MPa} \leq p_D \quad (18)$$

$$p_{2M2} = \frac{\frac{F_{M2}}{2}}{b_2 \cdot d_2} = \frac{\frac{850}{2}}{3 \cdot 8} = 17,71 \text{ MPa} \leq p_D \quad (19)$$

Navržený čep, táhlo i páky na otlačení vyhovují.

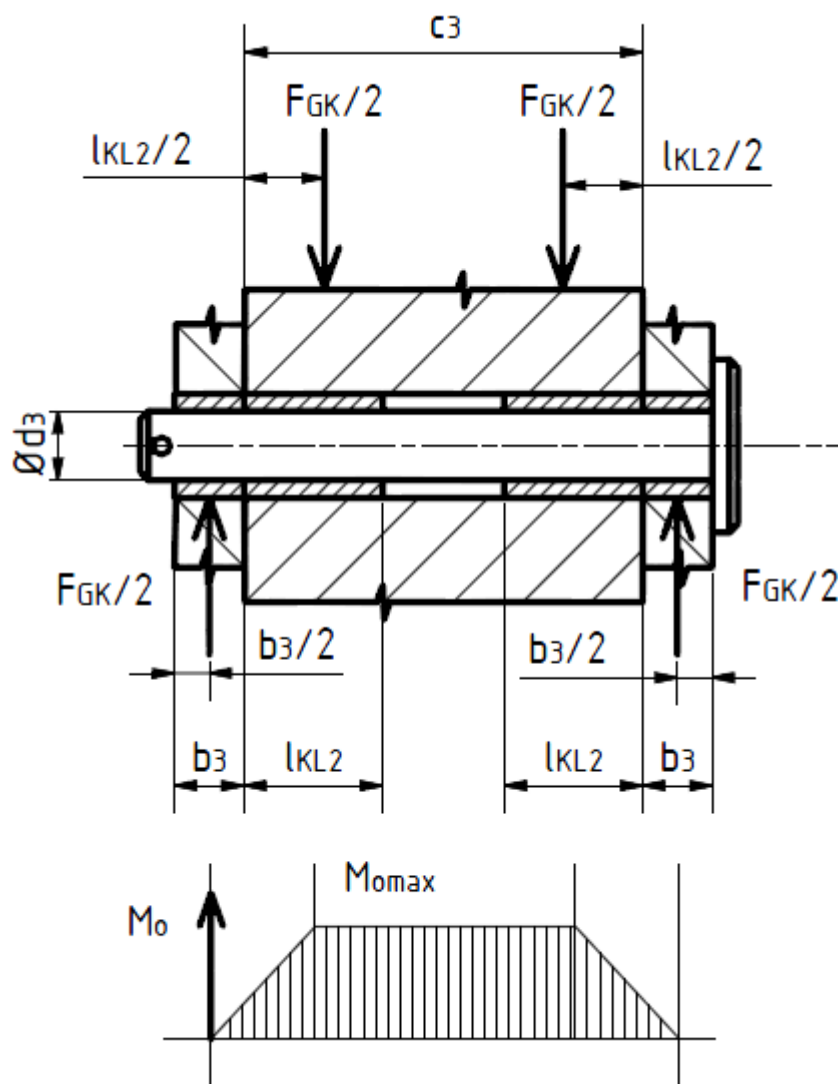
4.3 Návrh a výpočet čepu naklápění

Jedná se o nejdůležitější čep v celém mechanismu, okolo tohoto čepu se bude celá nosná konstrukce s TV naklápět o úhly +/- 4°. Tento čep je zatížen gravitační silou od váhy TV a nosné konstrukce. Pro výpočet je již použita přesná hmotnost TV a nosné konstrukce. Tato hmotnost je téměř 54 kg. Kvůli konstrukci nosného ramene, budou zvoleny délkové rozměry čepu a šířek b_3 a c_3 . Rozměr $b_3 = 8 \text{ mm}$ a rozměr $c_3 = 58 \text{ mm}$.

Síla působící na čep

$$F_{GK} = m_K \cdot g = 54 \cdot 9,81 = 529,74 \text{ N} \quad (20)$$

Tato síla působí na čep, který bude navržen obdobně jako čepy předchozí. Materiály se ale liší od předchozích čepů, táhel a pák. Všechny součásti jsou z materiálu 11 373 a to proto, že nosné rameno bude svařované. Dovolené napětí v ohybu $\sigma_{D0} = 70 \text{ MPa}$ a smyku $\tau_{DS} = 50 \text{ MPa}$, měrný tlak $p_{D0} = 100 \text{ MPa}$.



Obr. 26 Otočný čep

Návrh průměru čepu

Návrh je prováděn z ohybu.

$$\sigma_O = \frac{M_O}{W_O} = \frac{\frac{F_{GK}}{2} \cdot \left(\frac{b_3}{2} + \frac{l_{kl2}}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d'^3} = \frac{8 \cdot F_{M1} \cdot (b_3 + l_{kl2})}{\pi \cdot d'^3} \leq \sigma_{DO} \rightarrow d' \quad (21)$$

$$d_3' \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_{GK} \cdot b_3}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 529,74 \cdot (8 + 20)}{\pi \cdot 70}} = 8,14 \text{ mm}$$

Volím normalizovaný průměr čepu $d_3 = 10 \text{ mm}$.

Kontrola na smyk

Navržený čep je nutné kontrolovat na smyk.

$$\tau_{MAX3} = \frac{F_{GK}}{S} = \frac{F_{GK}}{2 \cdot \pi \cdot \frac{d_3^2}{4}} = \frac{4 \cdot 529,74}{2 \cdot \pi \cdot 10^2} = 3,37 \text{ MPa} \leq \tau_D \quad (22)$$

Vypočtený čep podle Obr. 26 bude umístěn v kluzných ložiscích KU jejich maximální přípustný tlak je $p_d = 250 \text{ MPa}$. Volím ložiska, která budou v nosném rameni 1010 KU, bronzové, bezúdržbové o průměru $d_{KL1} = 10 \text{ mm}$ a délce $l_{KL1} = 8 \text{ mm}$. V otočném čepu budou umístěna dvě kluzná ložiska 1010 KU bronzové bezúdržbové o průměru $d_{KL2} = 10 \text{ mm}$ a délce $l_{KL2} = 20 \text{ mm}$.

Kontrola tlaků

Pro nosné rameno i otočný čep je volen stejný materiál.

$$p_{31} = \frac{F_{GK}}{2 \cdot l_{KL2} \cdot d_3} = \frac{529,74}{40 \cdot 10} = 1,32 \text{ MPa} \leq p_D \quad (23)$$

$$p_{32} = \frac{\frac{F_{GK}}{2}}{b_3 \cdot d_3} = \frac{\frac{529,74}{2}}{8 \cdot 10} = 3,31 \text{ MPa} \leq p_D \quad (24)$$

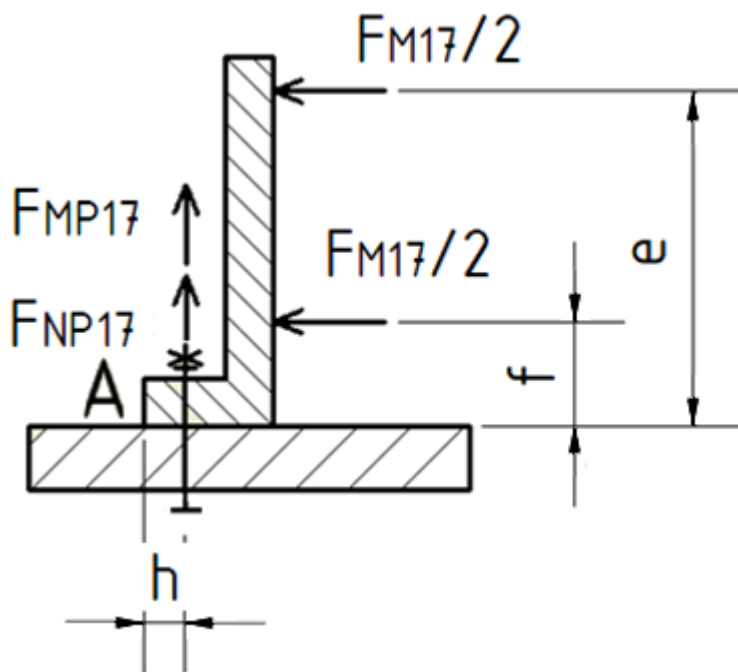
Navržený čep vyhovuje s dostatečnou bezpečností a je také předimenzován, takto bylo rozhodnuto na základě toho, že mechanismus bude umístěn v prostorech kde se pohybují lidé a z tohoto důvodu jsem volil průměr větší.

5. Návrh kotvicích šroubů

Pro motory jsou navrženy příruby, ke kterým se lineární aktuátory připevní a následně jsou spojeny pomocí šroubů k pevné konstrukci. Jelikož připojovací rozměry motorů nejsou totožné, musely být navrženy dvě různé příruby. Také síly nejsou stejné a tím pádem budou použity různé velikosti šroubů. Dále byly navrženy kotvicí šrouby pro ukotvení závěsu do zdi.

5.1 Kotvicí šrouby motoru NEMA 17

Pro motor NEMA 17 byla navržena příruba z materiálu 11 373. Na tuto přírubu působí reakční síly vyvozené maximální silou motoru, která má velikost $F_{M17} = 260\text{N}$. Na Obr. 27 lze vidět zjednodušené schéma, jak na přírubu působí síly.



Obr. 27 Zjednodušené schéma působení sil na přírubu

Polovina síly F_{M17} , která zde působí jako posouvající síla, působí ve vzdálenosti e a druhá polovina působí ve vzdálenosti f . Přenos posouvající síly chceme přenést pomocí třecí síly F_{TM17} , která je vyvolaná silou F_{NP17} od utažení matice a to z bezpečné podmínky přenosu síly třením. Součinitel smykového tření $f = 0,12$. Příruba je připevněna dvěma šrouby.

Normálová síla F_{NP17}

$$F_{M17} < F_{TM17} \quad (25)$$

$$k \cdot F_{M17} < 2 \cdot F_{NP17} \cdot f \rightarrow F_{NP17} = \frac{k \cdot F_{M17}}{f} \quad (26)$$

$$F_{NP17} = \frac{k \cdot F_{M17}}{f \cdot 2} = \frac{1,3 \cdot 260}{2 \cdot 0,12} = 1408,33 \text{ N}$$

V šroubu působí také síla tahová F_{MP17} , která je způsobena naklopením od sil $F_{M17}/2$ které působí na ramenech e nebo f . Síla je určena z momentové rovnováhy.

Tahová síla

Pro výpočet tahové síly je nutno znát již rozměry příruby. Tyto rozměry jsou podle navržené příruby $e = 44,4 \text{ mm}$, $f = 13,4 \text{ mm}$ a vzdálenost osy šroubu od bodu naklápění A , $h = 8 \text{ mm}$.

$$2 \cdot F_{MP17} \cdot h = \frac{F_{M17}}{2} \cdot e + \frac{F_{M17}}{2} \cdot f \rightarrow F_{MP17} = \frac{\frac{F_{M17}}{2} \cdot e + \frac{F_{M17}}{2} \cdot f}{h} \quad (27)$$

$$F_{MP17} = \frac{\frac{F_{M17}}{2} \cdot e + \frac{F_{M17}}{2} \cdot f}{h \cdot 2} = \frac{\frac{260}{2} \cdot 44,4 + \frac{260}{2} \cdot 13,4}{8 \cdot 2} = 469,62 \text{ N}$$

Síla od utažení matice

Utažení matice musí vyvodit předpětí ve šroubu, které je velikosti:

$$F_{O17} = F_{NP17} + F_{MP17} = 1408,33 + 469,62 = 1877,93 \text{ N} \quad (28)$$

Pro další výpočet je nutné zvolit předběžný rozměr šroubu a ten následně zkontrolovat. Je zvolen šroub M6 4.8, rozměry jsou průměr $d_2 = 5,35 \text{ mm}$ a průměr $d_3 = 4,773 \text{ mm}$ $P_h = 1$ a dále je zvolen součinitel smykového tření na závitu $f_z = 0,15$.

Výpočet úhlů a síly F_{Z17}

$$\gamma = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{1}{\pi \cdot 4,773} = 3,84^\circ \quad (29)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,15}{\cos 30} = 9,82^\circ \quad (30)$$

$$F_{Z17} = F_{O17} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') = 1877,93 \cdot \operatorname{tg}(3,84 + 9,82) = 456,66 \text{ N} \quad (31)$$

Nyní se zvolený šroub zkontroluje na tah a krut.

Kontrola na tah

$$\sigma_t \leq \sigma_{DT} \quad (32)$$

$$\frac{F_{O17}}{S_{17}} \leq \sigma_{DT} \quad (33)$$

$$\frac{4 \cdot F_{O17}}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 1877,93}{\pi \cdot 4,773^2} = 104,95 \text{ MPa}$$

Kontrola na krut

$$\tau = \frac{Mk}{Wk} = \frac{F_{Z17} \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{456,66 \cdot \frac{5,35}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 4,773^3} = 57,21 \text{ MPa} \quad (34)$$

Redukované napětí

Kontrolu provádíme dle Guesta

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{104,95^2 + 4 \cdot 57,21^2} = 155,27 \text{ MPa} \quad (35)$$

Bezpečnost šroubu

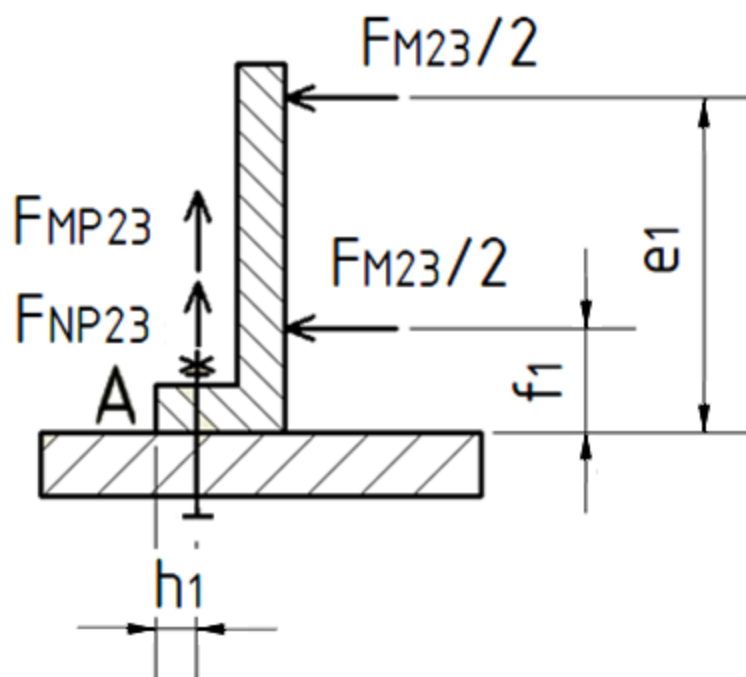
Jmenovitá mez kluzu se určuje z třídy pevnosti šroubu, zvolený šroub třídy pevnosti 4.8 má mez kluzu $Re = 320 \text{ MPa}$.

$$k_{s17} = \frac{Re}{\sigma_{red}} = \frac{320}{155,27} = 2,06 \quad (36)$$

Zvolený šroub vyhovuje s dostatečně velkou bezpečností.

5.2 Kotvicí šrouby pro motor NEMA 23

Pro motor NEMA 23 byla navržena rozměrnější příruba z materiálu 11 373. Na tuto přírubu působí reakční síly způsobené maximální silou motoru, která má velikost $F_{M23} = 850 \text{ N}$. Na Obr. 28 lze vidět zjednodušené schéma, jak na přírubu působí síly.



Obr. 28 Zjednodušené schéma působení sil na přírubu

Celý návrh je obdobný jako v kapitole 5.1, proto se bude lišit jen ve velikosti šroubů, hodnoty součinitelů zůstávají stejné.

Normálová síla F_{NP23}

$$F_{M23} < F_{TM23} \quad (37)$$

$$k \cdot F_{M23} < 2 \cdot F_{NP23} \cdot f \rightarrow F_{NP23} = \frac{k \cdot F_{M23}}{f} \quad (38)$$

$$F_{NP23} = \frac{k \cdot F_{M23}}{f \cdot 2} = \frac{1,3 \cdot 850}{2 \cdot 0,12} = 4604,16 \text{ N}$$

Tahová síla

Rozměry jsou podle navržené příruby $e_1 = 59,5 \text{ mm}$, $f_1 = 12,4 \text{ mm}$ a vzdálenost osy šroubu od bodu naklápění A, $h_1 = 10 \text{ mm}$.

$$2 \cdot F_{MP23} \cdot h_1 = \frac{F_{M23}}{2} \cdot e_1 + \frac{F_{M23}}{2} \cdot f_1 \rightarrow F_{MP23} \quad (39)$$

$$F_{MP23} = \frac{\frac{F_{M23}}{2} \cdot e_1 + \frac{F_{M23}}{2} \cdot f_1}{h_1 \cdot 2} = \frac{\frac{850}{2} \cdot 59,5 + \frac{850}{2} \cdot 12,4}{10 \cdot 2} = 1527,85 \text{ N}$$

Síla od utažení matice

Utažení matice musí vyvodit předpětí ve šroubu, které je velikosti:

$$F_{O23} = F_{NP23} + F_{MP23} = 4604,16 + 1527,85 = 6132,03N$$

Je zvolen šroub M8 6.8, rozměry jsou průměr $d_2 = 7,35$ mm a průměr $d_3 = 6,773$ mm $P_h = 1$ a dále je zvolen součinitel smykového tření na závitu $f_z = 0,15$.

Výpočet úhlů a síly F_{Z17}

$$\gamma = \arctg \frac{P_h}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{1}{\pi \cdot 7,35} = 2,48^\circ \quad (40)$$

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,15}{\cos 30} = 9,82^\circ \quad (41)$$

$$F_{Z17} = F_{O17} \cdot \operatorname{tg} (\gamma + \varphi') = 1877,93 \cdot \operatorname{tg} (3,84 + 9,82) = 1337 \text{ N} \quad (42)$$

Nyní se zvolený šroub zkontroluje na tah a krut.

Kontrola na tah

$$\sigma_t \leq \sigma_{DT} \quad (43)$$

$$\frac{F_{O23}}{S_{23}} \leq \sigma_{DT} \quad (44)$$

$$\frac{4 \cdot F_{O23}}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 6132,03}{\pi \cdot 6,773^2} = 170,19 \text{ MPa}$$

Kontrola na krut

$$\tau = \frac{Mk}{Wk} = \frac{F_{Z23} \cdot \frac{d_2}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3} = \frac{1337 \cdot \frac{7,35}{2}}{\frac{\pi}{16} \cdot 6,773^3} = 80,54 \text{ MPa} \quad (45)$$

Redukované napětí

Kontrola se provede dle Guesta

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 4 \cdot \tau^2} = \sqrt{170,19^2 + 4 \cdot 80,54^2} = 234,33 \text{ MPa} \quad (46)$$

Bezpečnost šroubu

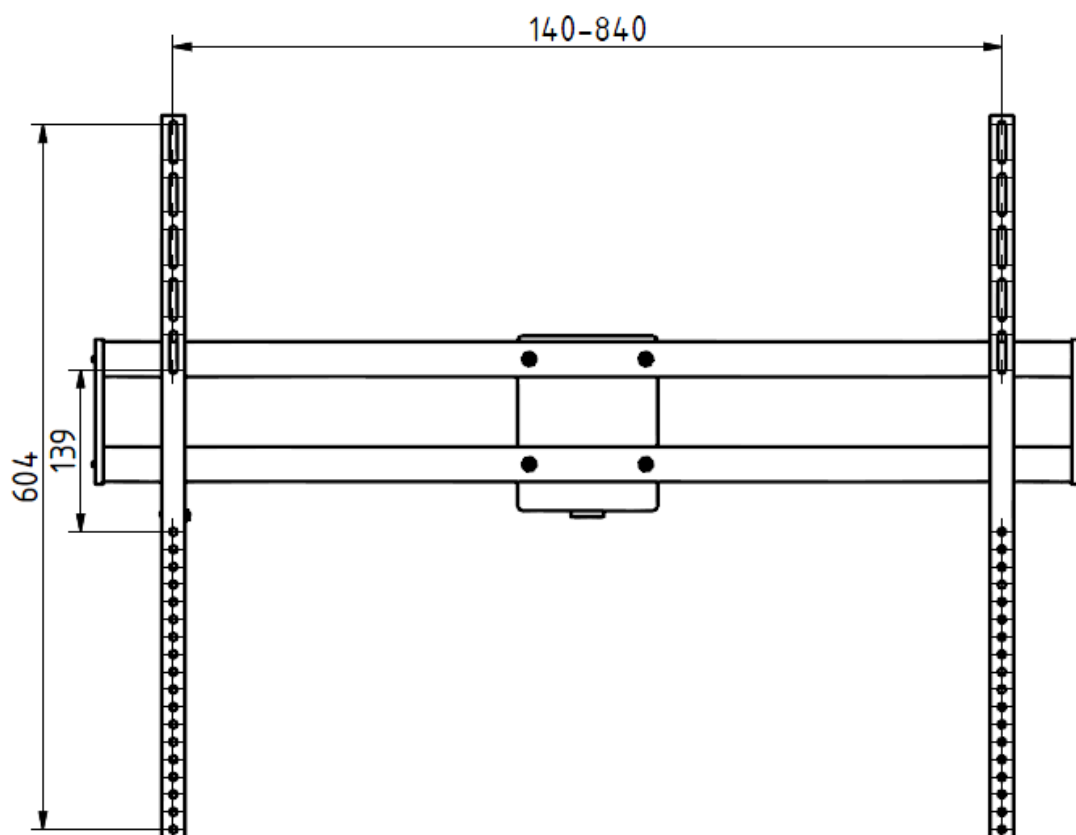
Jmenovitá mez kluzu se určuje z třídy pevnosti šroubu, zvolený šroub třídy pevnosti 5.8 má mez kluzu $Re = 400\text{MPa}$.

$$k_{s17} = \frac{Re}{\sigma_{red}} = \frac{400}{234,33} = 1,71 \text{ MPa} \quad (47)$$

Zvolený šroub vyhovuje s dostatečnou bezpečností.

5.3 Ukotvení TV v úchyty

Většina TV je již vyrobena s dírami pro šrouby k uchycení na úchyty, tyto díry musí splňovat VESA normy. Tyto šrouby není třeba kontrolovat. Je nutné pouze navrhnout úchyty, které by splňovaly rozměrově možnosti uchycení pro VESA normu. Celá nosná konstrukce splňuje podmínku horizontálního posuvu úchytů a to od 140 mm do 840 mm. Úchyty jsou navrženy pro rozteče děr ve vertikálním směru a to od 139 mm do 604 mm. Takhle navržená konstrukce dokáže uchytit TV v rozmezí 23" - 70". Na obr. 29 lze vidět celou nosnou konstrukci TV se základními rozměry.



Obr. 29 Nosná konstrukce TV

5.4 Ukotvení držáku do zdi

Ukotvení do zdi je provedeno standartním způsobem a to pomocí šroubů a hmoždinek. Byly zvoleny speciální rámové hmoždinky SXS F US (obr. 30) s pozinkovaným šroubem a integrovanou podložkou. Výrobce udává garantované zatížení ve smyku ve zdivu nebo betonu na jednu hmoždinku a to 0,6 kN dále také ohybový moment 16,3 Nm.



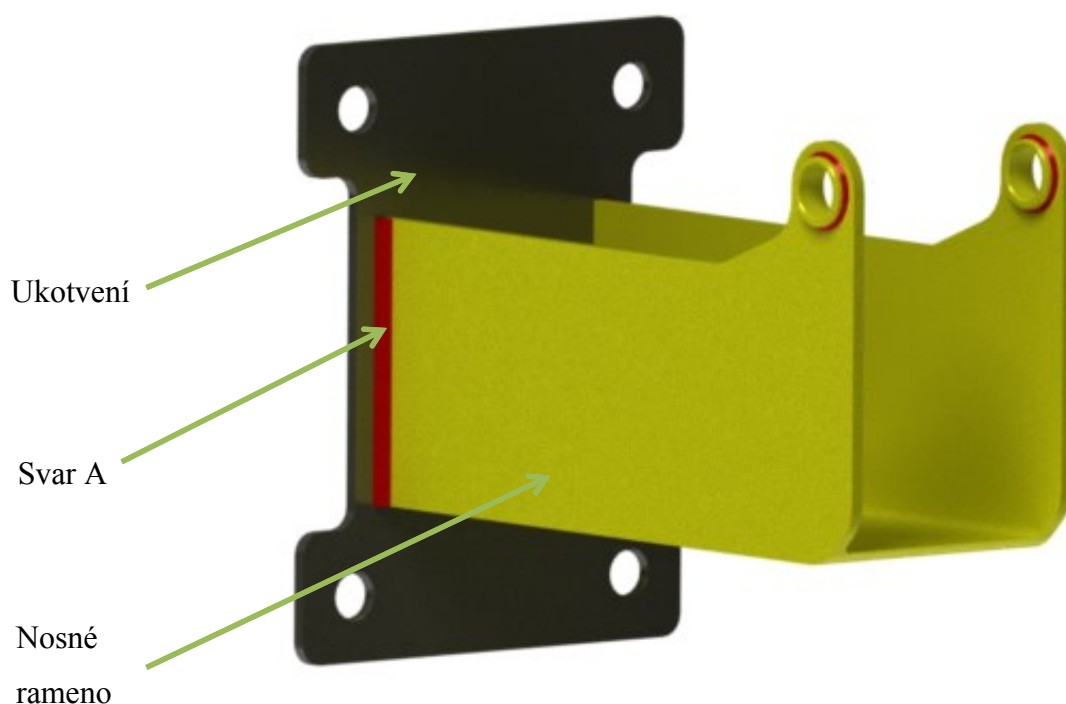
Obr. 30 Hmoždinka SXS F US s pozinkovaným šroubem

6. Kontrola navržených svarů

Velikost svarů byla navržena odhadem a bude provedena jejich kontrola.

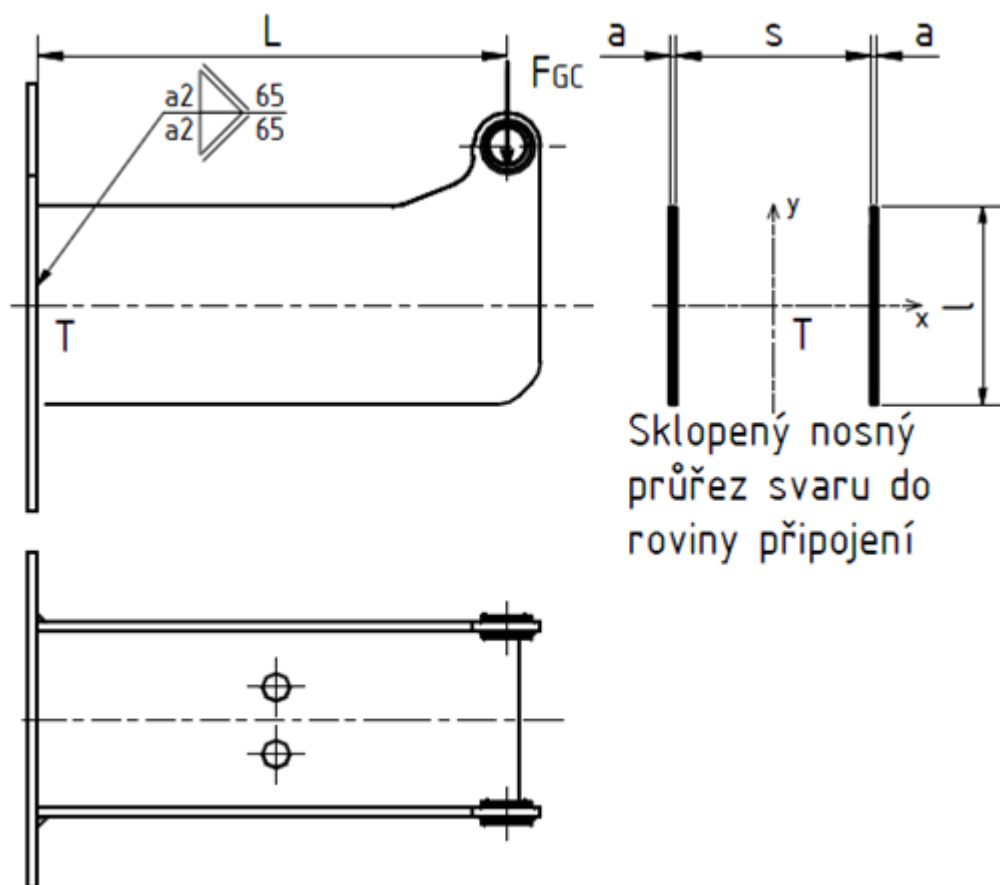
6.1 Kontrola svaru A

Koutový svar A se nachází mezi nosným ramenem a ukotvením, které se dále připevní pomocí šroubů ke zdi. Svar je z obou stran nosného ramene, na Obr. 31 lze vidět pouze jedna strana ramene, který je označen červeně. Délka svaru je 65 mm.



Obr. 31 Uchycení

Na Obr. 32 je zobrazeno schéma zatížení a potřebné rozměry pro výpočet, na obrázku lze také vidět, že je nosník namáhán silou F_{GC} , která vytváří ohybový moment M_o . Tato síla je způsobená tíhou zařízení, která je vypočtena programem Inventor 2014 $F_{GC} = 559,17\text{N}$. Rozměr $s = 64\text{ mm}$, je šířka nosného ramene a rozměr $a = 2\text{ mm}$, je šířka svaru. Délka svaru $l = 65\text{ mm}$ a vzdálenost $L = 154\text{ mm}$.



Obr. 32 Schéma zatížení svaru A

Výpočet jednotlivých napětí

Výpočet napětí způsobené ohybovým momentem

$$\tau_{\perp 1} = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{GC} \cdot L}{2 \cdot \frac{a \cdot l^2}{6}} = \frac{559,17 \cdot 154}{2 \cdot \frac{2 \cdot 65^2}{6}} = 30,57 \text{ MPa} \quad (48)$$

Výpočet napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel 1} = \frac{F_{GC}}{2 \cdot S_{VA}} = \frac{F_{GC}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{559,17}{2 \cdot 2 \cdot 65} = 2,15 \text{ MPa} \quad (49)$$

Výpočet redukovaného napětí

Redukované napětí je vypočítáno pomocí převodních součinitelů k_3 a k_4 , součinitele jsou voleny dle [2]. Součinitel $k_3 = 0,75$ a $k_4 = 0,65$.

$$\sigma_{red} = \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\parallel}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp 1}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel 1}}{k_4}\right)^2} = \quad (50)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{30,57}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{2,15}{0,65}\right)^2} = 40,89 \text{ MPa}$$

Součinitel tloušťky koutového svaru β

Pro $t < \beta$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot a = 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot 2 = 1,215 \quad (51)$$

Pevnostní kontrola

Volena vyšší hodnota bezpečnosti $k_s = 2,5$.

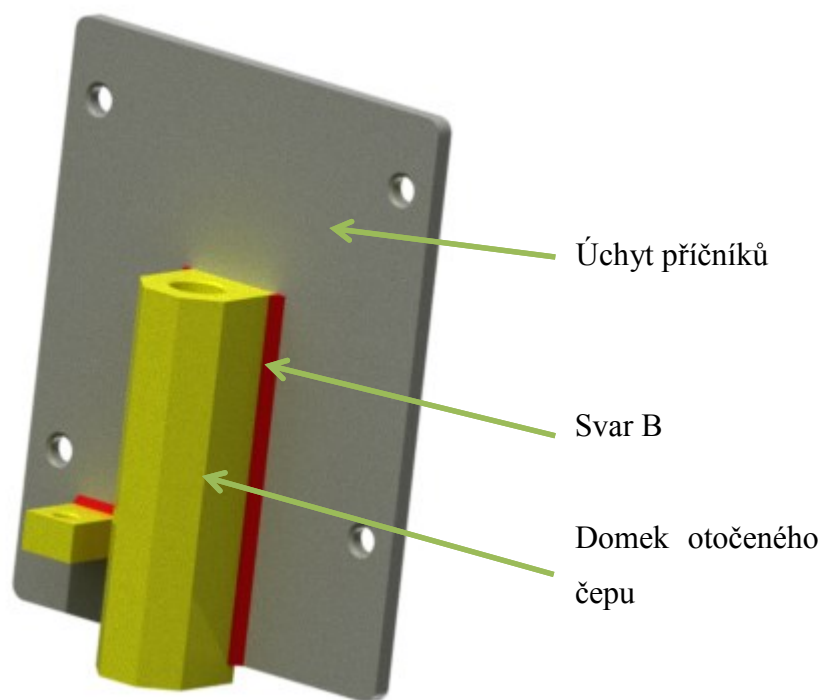
$$\sigma_{red} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{Re}{k_s} = 1,215 \cdot \frac{300}{2,5} = 145,8 \text{ MPa} \quad (52)$$

$$40,89 \text{ MPa} \leq 145,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhovuje.

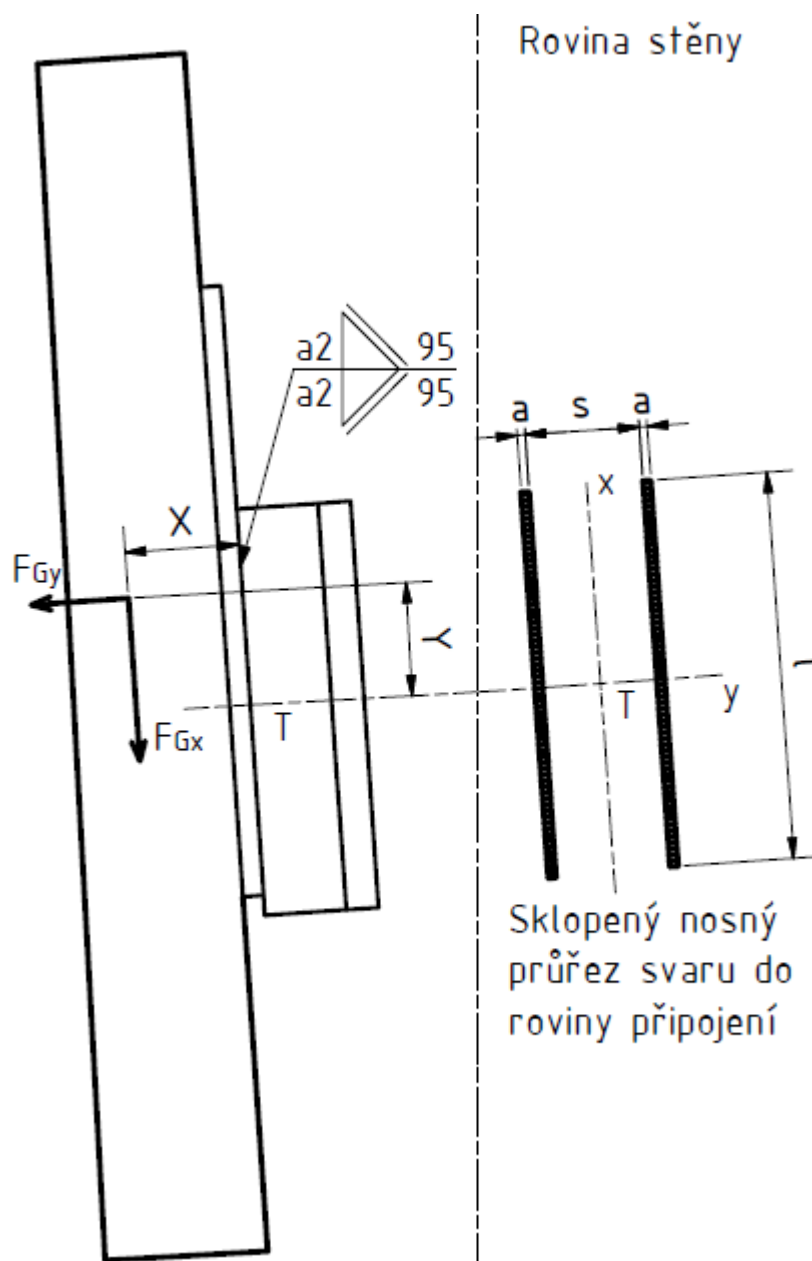
6.2 Kontrola svaru B

Koutový svar B se nachází mezi zadní částí úchytu příčníků a domkem otočného čepu. Délka svaru je 95 mm a je z obou stran domku otočného čepu, Obr. 33 je natočen tak, že lze vidět pouze jeden svar, který je označen červeně.



Obr. 33 Úchyt příčníků

Zjednodušené schéma zatížení lze vidět na Obr. 34 na obrázku lze vidět také potřebné rozměry pro výpočet. Svar B je namáhán silou od tíhové síly TV. Celá sestava je sklopena o 4° , protože v této poloze vzniká největší namáhání od smyku, ohybu a tahu. Ve výpočtu jsou použity síly $F_{Gx} = 587,16 \text{ N}$ a $F_{Gy} = 41,05 \text{ N}$ viz kapitola 3.2. Rozměry X a Y jsou získány pomocí programu Inventor 2014, síla působí v těžišti TV. Rozměr $s = 28 \text{ mm}$, je šířka domku otočeného čepu a rozměr $a = 2 \text{ mm}$, je šířka svaru. Délka svaru $l = 95 \text{ mm}$, vzdálenost $X = 80 \text{ mm}$ a vzdálenost $Y = 50 \text{ mm}$.



Obr. 34 Schéma zatížení svaru B

Výpočet jednotlivých napětí

Výpočet tahového napětí

$$\tau_{\perp 1} = \frac{F_{Gy}}{2 \cdot S_{SVB}} = \frac{F_{Gy}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{41,05}{2 \cdot 2 \cdot 95} = 0,11 \text{ MPa} \quad (53)$$

Výpočet napětí způsobené ohybovým momentem

$$\tau_{\perp 2} = \frac{M_{oB}}{W_{oB}} = \frac{F_{Gx} \cdot X + F_{Gy} \cdot Y}{2 \cdot \frac{a \cdot l^2}{6}} = \frac{587,16 \cdot 80 + 41,05 \cdot 50}{2 \cdot \frac{2 \cdot 95^2}{6}} = 8,15 \text{ MPa} \quad (54)$$

Výpočet napětí ve smyku

$$\tau_{\parallel 1} = \frac{F_{Gx}}{2 \cdot S_{SVB}} = \frac{F_{Gx}}{2 \cdot a \cdot l} = \frac{587,16}{2 \cdot 2 \cdot 95} = 1,55 \text{ MPa} \quad (55)$$

Výpočet redukovaného napětí

Redukované napětí je vypočítáno pomocí převodních součinitelů k_3 a k_4 , součinitele jsou voleny dle [2]. Součinitel $k_3 = 0,75$ a $k_4 = 0,65$.

$$\begin{aligned} \sigma_{red} &= \sqrt{\left(\frac{\sum \tau_{\perp}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\sum \tau_{\parallel}}{k_4}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp 1} + \tau_{\perp 2}}{k_3}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel 1}}{k_4}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{0,11 + 8,15}{0,75}\right)^2 + \left(\frac{1,55}{0,65}\right)^2} = 11,27 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (56)$$

Součinitel tloušťky koutového svaru β

Pro $t < \beta$

$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot z = 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot a = 1,3 - 0,03 \cdot \sqrt{2} \cdot 2 = 1,215 \quad (57)$$

Pevnostní kontrola

Součinitel bezpečnosti byl zvolen $k_s = 2,5$.

$$\sigma_{red} \leq \beta \cdot \sigma_{Dt} = \beta \cdot \frac{Re}{k_s} = 1,215 \cdot \frac{300}{2,5} = 145,8 \text{ MPa} \quad (58)$$

$$11,27 \text{ MPa} \leq 145,8 \text{ MPa}$$

Svar vyhovuje.

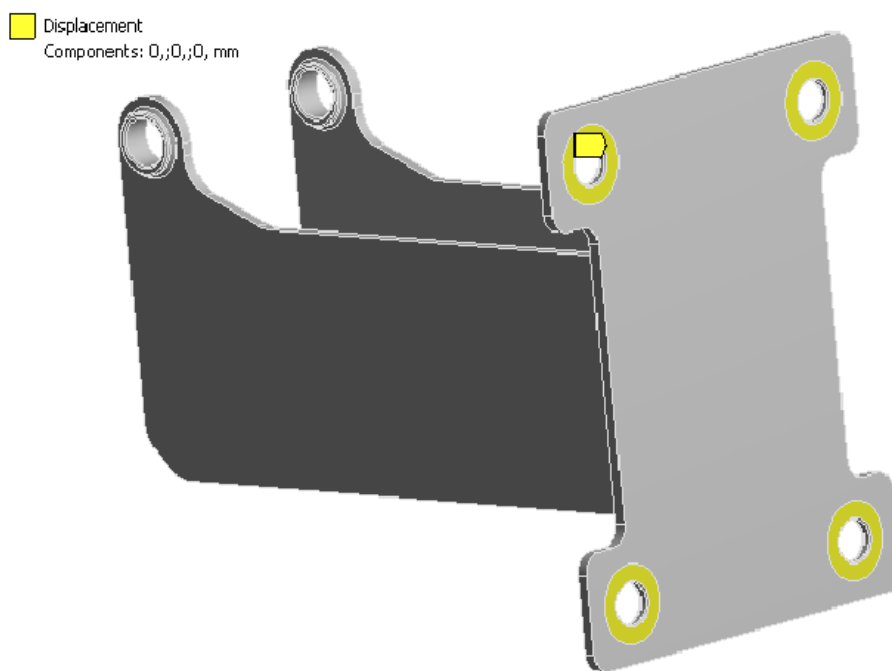
7. Deformace vybraných součástí

Deformace součástí je prováděna metodou MKP pomocí výpočetního programu ANSYS 15.

7.1 Deformace uchycení

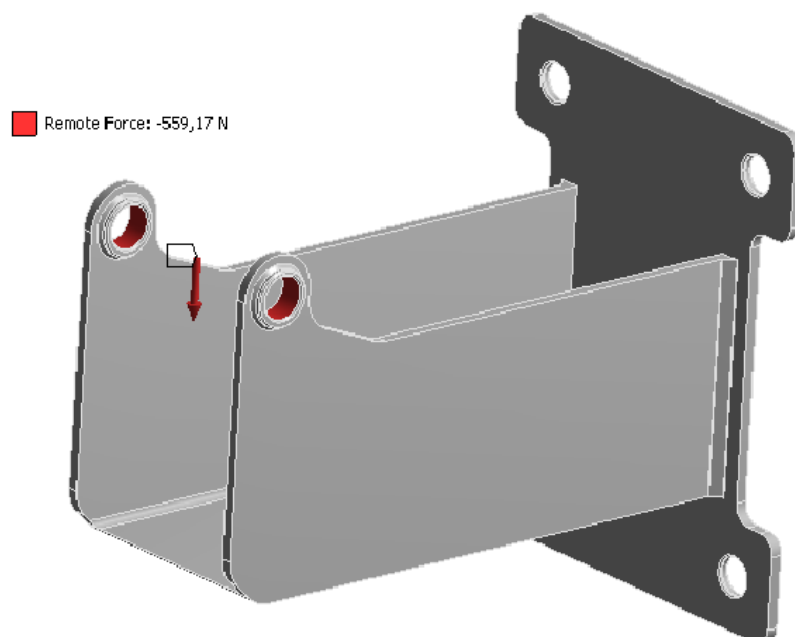
Uchycení je svařovaná sestava ukotvení a nosného ramene, pro výpočet deformace bylo využito programu ANSYS 15, kde tato sestava byla složena jako jedno pevné těleso a to bylo následně zatíženo silou. Na následujících obrázcích lze vidět zatížení uchycení a výslednou deformaci. Materiál součástí je ocel.

Na obr. 35 lze vidět jak je uchycená celá soustava. Soustava byla uchycena pomocí funkce Displacement, na vytvořené plochy, které představují přibližnou stykovou plochu, mezi zadní stranou ukotvení a zdí.



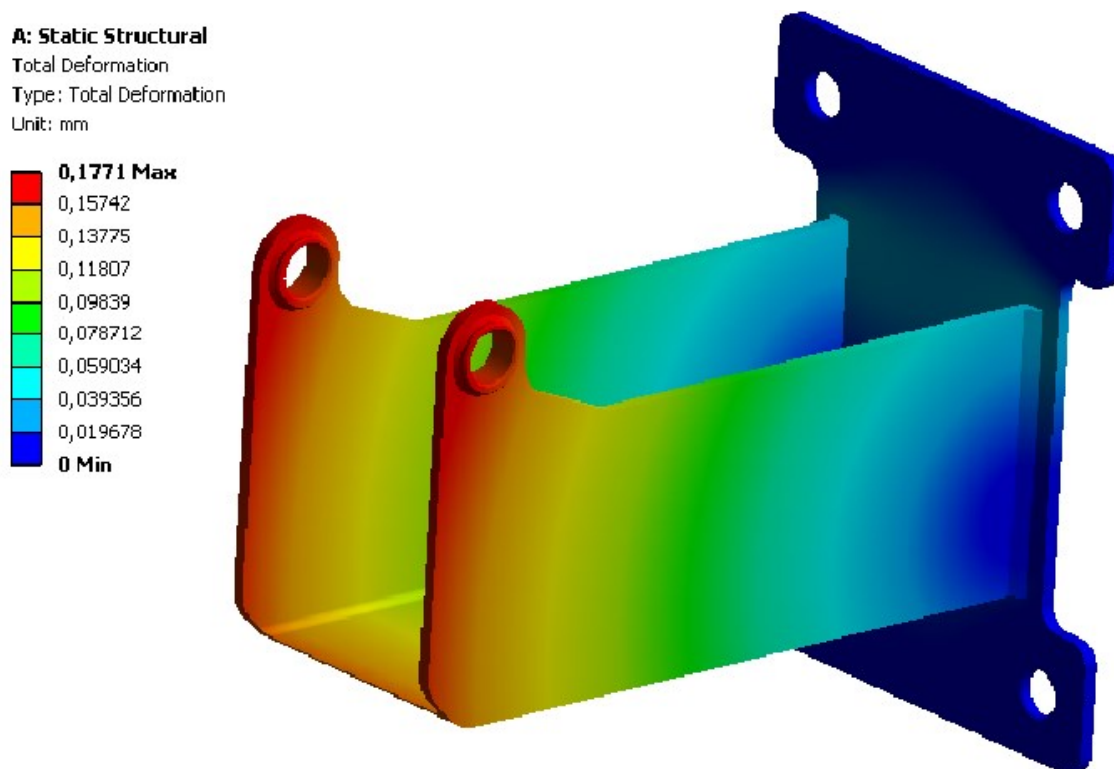
Obr. 35 Uchycení sestavy

Na obr. 36 lze vidět zatížení soustavu pomocí funkce Remote Force, síla kterou je soustava zatížena je tíhová síla $F_{GC} = 559,17\text{N}$, síla působí na nákrůžek.



Obr. 36 Síla působící na soustavu

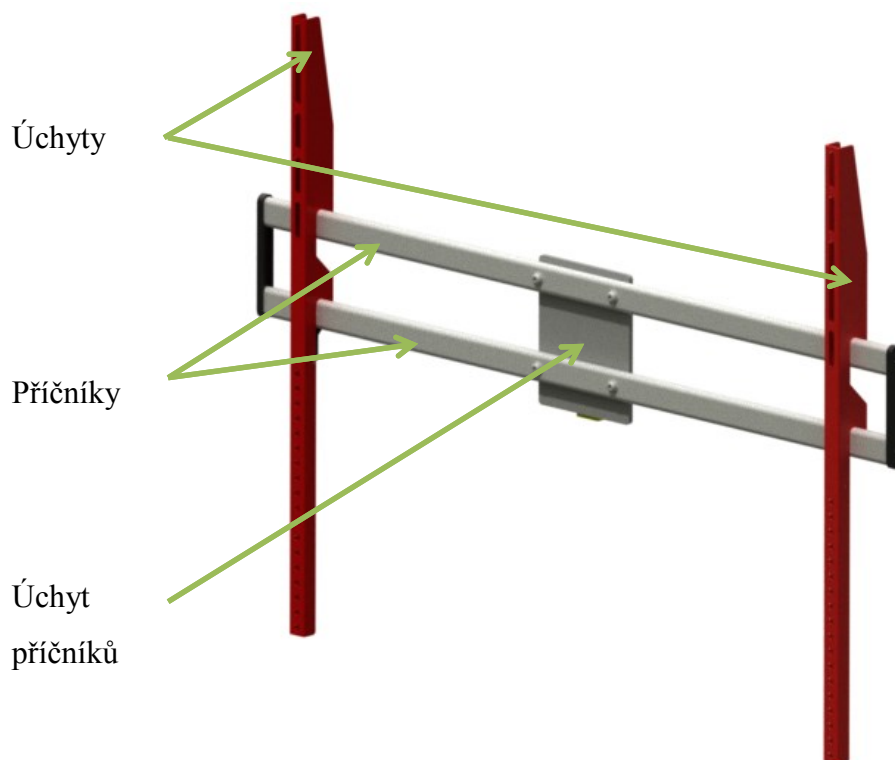
Deformace celé soustavy je na obr. 37. Největší průhyb vzniká na konci nosného ramene, velikost deformace je ale ovlivněna, malým průhybem ukotvení. Maximální deformace je 0,17 mm.



Obr. 37 Deformace celé soustavy

7.2 Deformace příčnicku

V navržené konstrukci se nacházejí dva příčníky, na které je přes úchyty přenášena celá tíha TV. Na Obr 38 je zobrazena celá nosná konstrukce TV. Příčníky svojí délkou umožňují zavěsit TV i s největším rozměrem VESA normy a to je v horizontálním směru 800 mm.



Obr. 38 Nosná konstrukce TV

Na obr. 39 lze vidět zatížení, které působí na příčník, pro výpočet je použit jen jeden příčník. Na tento příčník působí na každé straně $\frac{1}{4}$ síly gravitační od TV, která je navýšena o 20% síla je tedy $\frac{F_G}{4} = 147,15N$. Síly jsou vzdáleny od sebe 800 mm. Uchycení příčnicku je pomocí šroubů k úchytu příčníků v tomto místě je také nastavena vazba v programu ANSYS 15.

Remote Force 2

Time: 1, s

27.4.2015 13:15

A Remote Force 2: 147, N

B Remote Force: 147, N



Obr. 39 Zatížení příčnicků

Celková deformace příčnicku lze vidět na obr. 40, pro tento výpočet bylo nutné upravit materiálové konstanty, protože příčnicky jsou vyrobeny z hliníku a tím se změnil určité parametry. Z obrázku je patrné, že maximální průhyb příčnicku, který je zatížen na každé straně silou, je 0,55 mm.

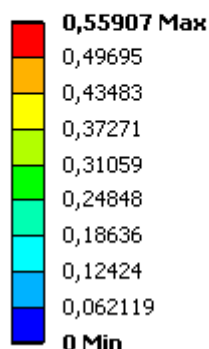
Total Deformation

Type: Total Deformation

Unit: mm

Time: 1

27.4.2015 13:17



Obr. 40 Celková deformace příčnicku

7.3 Deformace navržené příruby

Příruby byly navrženy dvě, zde je proveden výpočet pouze jedné a to té, která je více namáhána. Příruba, která ukotvuje motor NEMA 23 je namáhána silou 850 N. Pro výpočet je rozložena síla do míst styku pomocí šroubů, jedná se o reakční síly způsobené maximální silou motoru. Na obr. 41 je ukázka zatížení ukotvení příruby. Materiál obou přírub je ocel.

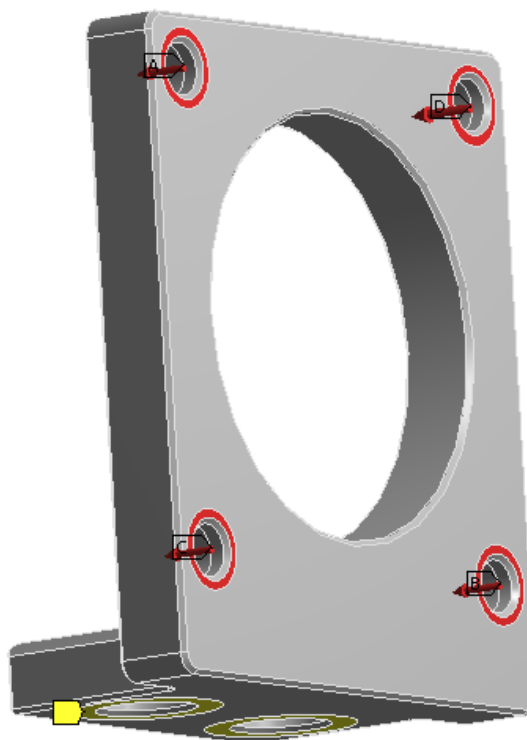
A: Static Structural

Remote Force 4

Time: 1, s

30.4.2015 10:25

- A** Remote Force: 220, N
- B** Remote Force 3: 220, N
- C** Remote Force 2: 220, N
- D** Remote Force 4: 220, N
- Displacement**
Components: 0,,0,,0, mm

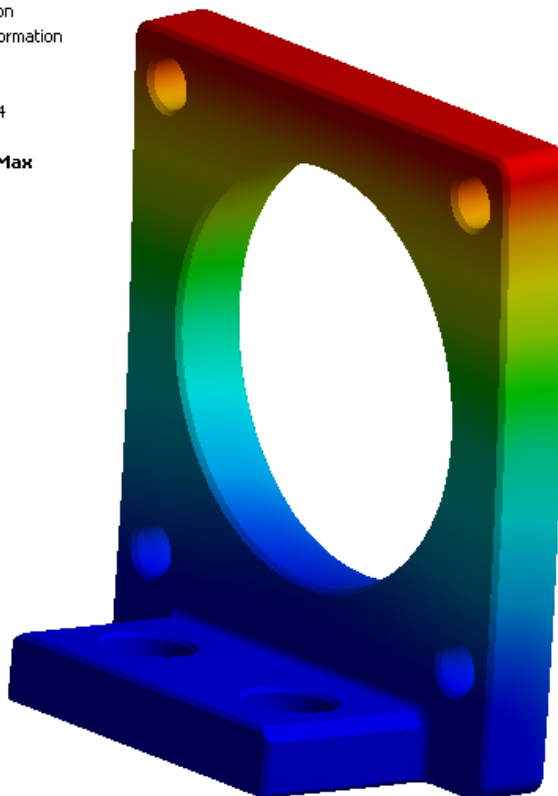


Obr. 41 Zatížení příruby a ukotvení

Maximální deformaci příruby, která je vypočtena programem ANSYS 15, lze vidět na obr. 42 tato deformace je 0,23 mm.

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
30.4.2015 10:24

- 0,22925 Max**
- 0,20378
- 0,17831
- 0,15284
- 0,12736
- 0,10189
- 0,076418
- 0,050945
- 0,025473
- 0 Min**



Obr. 42 Deformace příruby

8. Povrchová úprava jednotlivých součástí

Pro hliníkové součásti je zvolena jako povrchová úprava eloxování. Jedná se o elektrolytický proces, který vytváří ochranou oxidovou vrstvu na povrchu součástí. Vytvořená eloxovaná vrstva zlepšuje určité funkční vlastnosti, např. korozní odolnost, tvrdost a otěruvzdornost.

Hliníkové příčníky budou tímto způsobem zabarveny do stříbrné barvy a hliníkový kryt bude zabarven do barvy černé. Tloušťka vrstvy je 0,5 μm .

Pro funkční části, jako jsou například páky a oka umístěna na pohybových šroubech ale také na příruby motorů, je zvolena povrchová úprava elektrolytické pokovování ZnNi. Jedná se také o elektrolytický proces, ale požadovaného výsledku se dosahuje jiným způsobem. Tyto součásti již nebudou dále povrchově upravovány.

Tímto způsobem budou povrchově upraveny i zbylé navržené konstrukční prvky, jako jsou úchyty, svařované soustavy např. ukotvení, úchyt příčníků atd. Pohledové plochy těchto součástí budou ale dále ještě natřeny černou barvou.

9. Závěr

Cílem práce byl konstrukční návrh motorového závěsu pro TV, tak aby splňoval zadané podmínky. V řešeršní části bylo nutné získat vstupní informace, jako jsou rozměry a váhy TV, ale také možnosti uchycení. Dále zde byl prozkoumán český trh s přehledem závěsů od fixních až po motorové.

Praktická část se zabývá konstrukcí a nutnými výpočty. Nejprve byla řešena kinematika, tak aby bylo možné dosáhnout požadovaných úhlu natočení kolem svislé i vodorovné osy a také velikosti sil, které zde působí. Pro přenos sil a pohybu byly zvoleny pákové mechanismy a lineární krokové aktuátory. Pro tyto aktuátory byly navrženy a vypočteny kotvící příruby.

Dále byla navržena nosná konstrukce TV, její hlavní část jsou navrženy úchyty. Tyto úchyty musí splňovat určité rozteče děr, tak aby na ně bylo možné přišroubovat TV. Tyto rozteče udává VESA norma. Úchyty jsou připevněny na příčníky, které mají takové rozměry, aby dodržely horizontální rozteče děr umístěných na TV.

Uchycení je ze svařovaných dílů, tato konstrukce se ukotvuje na zeď standartním způsobem. Nosná konstrukce je zkontrolována na celkovou deformaci.

Součástí závěsu jsou také elektronické prvky, které ovládají pohyby celé soustavy. Také je zde umístěn transformátor, který mění vstupní napětí 220V na napětí 12V, které napájí lineární aktuátory. Elektronické prvky jsou umístěny pod navrženým hliníkovým krytem, z důvodu prašnosti.

Byla určena také povrchová úprava pro použité materiály, a to zejména z estetického důvodu. Pro hliníkové součásti bylo použito eloxování a pro ocelové elektrolytické pokovování $ZnNi$, pohledové, nefunkční části byly dále natřeny černým nátěrem.

Jako jeden z cílů bylo navrhnout co nejmenší rozměr směrem kolmo ke zdi. Navržený závěs má v tomto směru 201 mm. Tato vzdálenost byla závislá na velikosti motoru a zdvihu, který je nutný pro naklopení okolo vodorovné osy.



Obr. 43 Konstrukční návrh závěsu pro velké flat TV

10. Použitá literatura

- [1] NĚMČEK, Miloš. 2002. *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů: spoje*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 111 s. ISBN 80-248-0050-0.
- [2] DEJL, Zdeněk. 2000. Konstrukce strojů a zařízení I: spojovací části strojů. Návrh, výpočet, konstrukce. Ostrava: Montanex, 225 s. ISBN 80-722-5018-3.
- [3] KALÁB K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Skripta VŠB-TU Ostrava, Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava, 2007, ISBN 978-80-248-1290-8.
- [4] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [5] Držáky LCD. 2010. [Http://www.drzak-lcd.cz](http://www.drzak-lcd.cz) [online]. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.drzak-lcd.cz/vesa-norma.html>
- [6] Mk eshop: Váš spolehlivý dodavatel [online]. 2014. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://mk-eshop.cz/drzaky-na-tv-fixni/meliconi-stile-s800-fixni-drzak-pro-led-a-lcd-tv.html#>
- [7] Fiber Mounts s.r.o [online]. 2015. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.drzakyastolky.cz/drzakyastolky-cz/eshop/1-1-Drzaky-na-Tv/59-3-Velke-televizory-nad-65/5/483-Drzak-Tv-Edbak-TWB2>
- [8] CZC.CZ: rozumíme vám i elektronice [online]. 2013. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/vogel-s-efw-6445-plus-pro-55-80/143018/produkt>
- [9] Drzaknatelevizi.cz [online]. 2010. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.drzaknatelevizi.cz/drzaknatelevizi-cz/eshop/4-1-Motoricky-drzak/0/5/241-Motoricky-drzak-Sonorous-S-1460>
- [10] Tv-stolky.cz [online]. 2014. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.tv-stolky.cz/tv-stolky/eshop/48-1-TV-drzaky-motoricke/0/5/338-Motoricky-drzak-Vogels-THIN-RC-355>

- [11] EXVALOS: Ložiska a příslušenství [online]. 2007. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.exvalos.cz/kluzna-loziska---pouzdra/axialni-ku-a-kx/>
- [12] Servo drive [online]. 2007. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: http://www.servo-drive.com/stepper_actuators_high_speed_high_resolution_nema23.php
- [13] BOMEX [online]. 2013. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.bomex.cz/cz/3-technologie/9-eloxovani.html>
- [14] Lakum Group [online]. 2009. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://lakum.cz/cz/povrchove-upravy>
- [15] EXVALOS: Ložiska a příslušenství [online]. 2007. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://eshop.exvalos.cz/cs/96-ku-pouzdra>
- [16] PK FISHER [online]. 2015. [cit. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.pk-fischer.cz/se-6hrannou-hlavou-a-int-podl/>
- [17] *ConVERTER* [online]. 2002. [cit. 2015-04-01]. Dostupné z: <http://www.converter.cz/tabulky/smykove-treni.htm>

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

Sestavný výkres	ZIM0016-DP-01
-----------------	---------------

Výrobní výkres	ZIM0016-DP-01-01
----------------	------------------

Výrobní výkres	ZIM0016-DP-01-02
----------------	------------------